

GEN-4742

Pautas  
para la evaluación  
económica de proyectos  
de ordenación  
de cuencas

Microsystem · MOP · DGI



GEN-4742  
c.1

GUIA FAO  
CONSERVACION

16

*Mano*  
1-94

DIRECCION GENERAL DE AGUAS  
Centro de Información Recursos Hidricos  
Área de Documentación

por

**H.M. Gregersen**

**K.N. Brooks**

Departamento de Recursos Forestales,  
Facultad Forestal, Universidad de Minnesota  
St. Paul, Minnesota, Estados Unidos

y

**J.A. Dixon**

**L.S. Hamilton**

Environment and Policy Institute,  
East-West Center, Honolulu, Hawaii, Estados Unidos



ORGANIZACION  
DE LAS  
NACIONES UNIDAS  
PARA LA  
AGRICULTURA  
Y LA  
ALIMENTACION  
Roma, 1988

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-56  
ISBN 92-5-302555-7

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1988

## PROLOGO

El objetivo del presente documento es el de contribuir a un mejor entendimiento de las consecuencias y efectos económicos de las actividades y los proyectos de ordenación de cuencas hidrográficas. Tal entendimiento, solo puede lograrse a través de una integración, a profundidad, de las consideraciones físicas y biológicas con las económicas. Por lo tanto, el marco general para el análisis expuesto en las primeras pautas del libro, trata en forma explícita esta integración y propone un modelo lógico a través del cual las estimaciones de relaciones físicas entre insumos y resultados pueden, hasta donde sea posible, convertirse con relativa facilidad en parámetros cuantificados de valores económicos. Dicha integración ha sido posible gracias a la presencia en el grupo de autores de dos economistas, un especialista en hidrología de cuencas y un especialista en recursos forestales.

La FAO desea expresar su reconocimiento a este equipo de autores, integrado por Ken Brooks y Hans Gregersen de la Universidad de Minnesota, y John Dixon y Larry Hamilton del East-West Center. Ken Brooks es el responsable de los Capítulos 3, 4 y 5 y co-autor de los Capítulos 1 y 8. John Dixon es el autor de los Capítulos 6, 7 y 9 y contribuyó al Capítulo 2. Hans Gregersen fue el responsable de los Capítulos 2, 8 y 10, co-autor del Capítulo 1 y además contribuyó a los Capítulos 6 y 7. Larry Hamilton contribuyó a los Capítulos 3, 4 y 5 y revisó la mayoría de los capítulos, además de los estudios de caso. Jon Jickling contribuyó con los antecedentes de varios ejemplos específicos de aplicación incluidos en el texto. La contribución de recursos y personal del East-West Center durante la preparación del documento es reconocida con gratitud.

Merecen agradecimientos también Pierre Crosson, Peter Ffolliott, Douglas Southgate y Ferenc Huhasz, los cuales revisaron el manuscrito y contribuyeron con valiosas sugerencias acerca de su mejoramiento.

Entre el personal de la FAO, J.E.M. Arnold y A. Contreras del Servicio de Políticas y Planificación, dieron asesoría y contribuyeron con sugerencias que han sido incorporadas en el manuscrito; una gran parte del contenido del documento refleja las ideas de la publicación de la FAO Análisis Económico de Proyectos Forestales (Estudio FAO Montes 17), del cual Contreras fue co-autor. El presente documento ha sido preparado para su publicación en la serie Guías de Conservación de la FAO por L.S. Botero y T. Michaelsen de la Subdirección de Conservación Forestal y de Areas Silvestres.



J.P. Lanly  
Director

Dirección de Recursos Forestales  
Departamento de Montes

INDICE

	<u>Página</u>
1. CAPITULO 1	
INTRODUCCION	1
1.1 Introducción: Prácticas, Programas y Proyectos de Ordenación de Cuencas	1
1.2 Objetivos y Finalidades	1
1.3 El Enfoque de la Cuenca para Planificar y Ordenar	3
1.3.1 El Enfoque de la Cuencas y las jurisdicciones Políticas	3
1.3.2 Complicaciones Debidas a la Falta de Valores de Mercado	5
1.3.3 Implicaciones para las Pautas	7
1.4 Evaluaciones y Toma de Decisiones	7
1.4.1 Empleo Util de las Evaluaciones	7
1.4.2 Apreciación de los Efectos Económicos de un Proyecto	9
1.5 Organización de las Pautas	10
2. CAPITULO 2	
ENCUADRE PARA LA EVALUACION ECONOMICA	11
2.1 Introducción	11
2.2 Pasos en el Proceso de Evaluación	11
2.3 Etapas en la Evaluación del Proceso	14
2.4 Un Encuadre para la Identificación y Evaluación de Insumos y Salidas en la Ordenación de Cuencas	14
3. CAPITULO 3	
ESTIMACION DE RELACIONES INSUMOS-SALIDAS	18
3.1 Introducción	18
3.2 Cuantificación de las Relaciones Técnicas	18
3.2.1 Definición de la Situación "Sin" Proyecto	19
3.2.2 Definición de los Impactos "con" Proyecto	19
3.2.3 Definición de Medidas Apropriadas de Impacto en el Proyecto	19
3.3 Identificación de los Insumos	22
3.4 Transformación de Insumos en Salidas	23
3.5 Consideraciones por Falta de Mercado	25
3.5.1 Irreversibilidades	25
3.5.2 Accidentes Catastróficos	25
3.5.3 Preservación de los Ecosistemas	26

4. CAPITULO 4

CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS EN RENDIMIENTOS HIDRICOS Y CURSOS DE AGUA RESULTANTES DE LAS PRACTICAS DE CUENCAS	27
4.1 Introducción	27
4.2 Cantidad de Rendimiento Hídrico	27
4.2.1 Estimación de Cambios en el Rendimiento Hídrico	29
4.2.1.1 Relaciones Regionales	29
4.2.1.2 Enfoque del Balance Hídrico	
4.2.1.3 Modelo de Simulación con Ordenadores	32
4.2.2 Consideraciones Aguas Arriba-Aguas Abajo	32
4.3 Aluviones e Inundaciones	33
4.4 Cambios del Agua del Suelo/Flujo de Base	38
4.4.1 Efectos de la Ordenación de la Vegetación	38
4.4.2 Salinización	39
4.5 Calidad del Agua	39

5. CAPITULO 5

CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS DE LAS PRACTICAS DE ESTABILIZACION DEL SUELO	43
5.1 Introducción	43
5.2 Combinación de Prácticas Apropriadas al Problema	44
5.3 Relaciones Erosion del Suelo-Productividad	45
5.3.1 Consideraciones Especiales para las Cuencas Superiores	45
5.3.2 Procedimientos Para Estimar los Impactos de la Erosión del Suelo Sobre la Productividad	49
5.3.3 Estimación de Ritmos de Erosión Superficial	49
5.3.4 Estimación de los Ritmos de Erosión en Cárcavas	50
5.3.5 Estimación de los Movimientos Masivos del Suelo	50
5.4 Erosión del Suelo - Sedimentación Aguas Abajo	52

6. CAPITULO 6

EVALUACION DE INSUMOS Y SALIDAS	57
6.1 Medidas de Valor y Precios Sombra	57
6.2 Asignación de Valores Monetarios: Tres Caminos	58
6.2.1 Empleando Precios de Mercado	58
6.2.2 Empleo de Precios de Mercado Subrogados	61
6.2.3 Empleo de una Evaluación Hipotética (Inventarios, "Costo-Precios" o Descriptivos)	62

	<u>Página</u>
CAPITULO 6 (continuación)	
6.3 Categorías Generales de Salidas e Insumos y sus Relaciones con las Medidas de Valor	62
6.4 Valuación de Beneficios para la Ordenación de Cuencas	65
6.5 Evaluación de Beneficios de Ordenación de Cuencas	66
6.5.1 Inicio del Proceso de Valuación	67
6.5.2 Evaluación de los Efectos Relacionados al Suelo	67
6.5.3 Evaluación de los Efectos Relacionados con la Calidad y cantidad del Agua	70
6.5.4 Consideraciones Especiales para Evaluar Beneficios de Cuenca	71
7. CAPITULO 7	
COMPARACION DE COSTOS Y BENEFICIOS - MEDICION DE LOS MERITOS DEL PROYECTO	72
7.1 Introducción	72
7.2 Evaluaciones de Cuestiones de Interés	72
7.3 Análisis Usando Solamente Precios para Bienes y Servicios Comercializados	72
7.3.1 Implicaciones Presupuestarias del Flujo de Caja del del Sector Público	73
7.3.2 Implicaciones Financieras para las Entidades Privadas	73
7.3.3 Implicaciones en la Redistribución de Ingresos	73
7.4 Análisis de la Eficiencia Económica	74
7.4.1 Derivación de Cuadros de Flujo de Valor y Tratamientos de los Pagos de Transferencia	74
7.4.2 Medidas del Valor del Proyecto	76
7.4.3 La Tasa de Descuento para Evaluaciones Públicas	78
7.5 Estabilidad y Apreciación del Balance de Pago	80
7.5.1 Impactos Regionales de los Proyectos	80
7.5.2 Efectos Sobre Balance de Pagos	81
7.6 Evaluación de Beneficios y Costos no Monetarios	82
8. CAPITULO 8	
INCERTIDUMBRE	83
8.1 Introducción	83
8.2 Pautas para Tratar las Incertidumbres	83
8.3 Identificación de las Posibles Fuentes de Incertidumbre	84
8.4 El Análisis de Sensibilidad	84
8.4.1 Consideraciones Sobre Insumos-Salidas Biofísicos	85
8.4.2 Ejemplos de Análisis de Sensibilidad	85
8.5 Tratamiento de los Factores Críticos Identificados en el Análisis de Sensibilidad	90
8.5.1 Modificación del Diseño del Proyecto	90
8.5.2 Integración de Salvaguardias en un Proyecto	91

	<u>Página</u>
9. CAPITULO 9	
USO DEL ANALISIS ECONOMICO EN EL DISEÑO DE PROYECTOS	93
9.1 La Importancia de Usar Experiencia Económica y Social en el Diseño de Proyectos	93
9.2 El Papel del Análisis Económico en la Tarea del Diseño	93
9.2.1 Análisis de la Efectividad del Costo	94
9.2.2 Análisis Beneficio-Costo y Alternativas Mutuamente Excluyentes	94
9.3 Factores Económicos Importantes en la Elección de la Tecnología	94
9.4 Momentos y Escala en el Diseño de un Proyecto	100
9.5 Ubicación del Proyecto y Dimensión de la Localización	102
9.6 Agregados de Objetivos de un Proyecto y Encarando Costos Conjuntos	103
9.7 Tratamiento de Costos no Recuperables	105
10. CAPITULO 10	
PRESENTACION DE LA ESTIMACION ECONOMICA	106
10.1 Pautas Generales para la Presentación	106
10.2 Contenido de un Informe Típico de Estimación Económica	106
10.2.1 Insumos en el Análisis	107
 BIBLIOGRAFIA	 111
ANEXO 1	117
BIBLIOGRAFIA	126
ANEXO 2	129
BIBLIOGRAFIA	138
ANEXO 3	139
BIBLIOGRAFIA	148

## DEFINICION DE TERMINOS

Una cuenca es un área topográficamente delineada que resulta drenada por un sistema de corrientes de agua, o sea, la superficie total que drena hasta un cierto punto de una corriente o río. La cuenca es una unidad hidrológica que ha sido descrita y usada como unidad físico biológica y unidad socioeconómica-política para planificar y ordenar recursos naturales.

Una cuenca de río corresponde a una definición similar pero para una escala mucho mayor; por ejemplo, la Cuenca del Río Mekong, Cuenca del Río Amazonas y Cuenca del Río Congo.

La ordenación de la cuenca es el proceso de la formulación y de la puesta en marcha de una serie de actividades que implican el manipuleo de recursos naturales, agrícolas y humanos en una cuenca para proporcionar recursos deseados y aptos para la sociedad, pero en condiciones de que los recursos suelo y agua no sean afectados en forma negativa. La ordenación de cuencas deberá tomar en cuenta los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera de la cuenca.

El enfoque de cuenca es la aplicación de la ordenación de cuencas en la planificación y en la operación de proyectos de desarrollo de recursos. En este enfoque viene implicado el reconocimiento de las relaciones entre suelo y agua y entre las superficies aguas arriba y aguas abajo, y la aplicación ulterior de prácticas adecuadas.

Prácticas de ordenación de cuencas se refieren a los cambios en el uso de la tierra, de la cobertura vegetal y a otras actuaciones estructurales y no estructurales que se asumen en una cuenca para alcanzar los objetivos de la ordenación de cuencas.



## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### 1.1 Introducción: Prácticas, Programas y Proyectos de Ordenación de Cuencas

Aguas arriba en la cuenca del río Loukos en Marruecos, se están completando las represas para detener el proceso de erosión. A lo largo del pié de los Andes en Perú, se están plantando eucalyptus sea para producir leña que para proteger los faldeos abruptos con exceso de pastoreo de una ulterior erosión. En las Filipinas, se están ampliando las terrazas para la producción de arroz. Mientras algunas de estas actividades se encaran para reconstruir o rehabilitar tierras degradadas, y otras se están encarando para evitar la futura degradación, todas ellas tienen por objetivo hacer un mejor empleo de las tierras y de los recursos limitados. Todas ellas tienen por lo menos un punto en común: Se trata de actividades de ordenación de cuencas y son el objeto del presente manual.

Un cierto número de prácticas de ordenación de cuencas, combinadas en un plan operativo para una cuenca, constituye un proyecto o programa (Cuadro 1.1) de ordenación de cuencas. Expresándose en forma más amplia, podría llamársele programa "múltiple de ordenación del recurso", o proyecto "de ordenación de la tierra", o programa "de conservación de suelo y agua". En realidad no importa que término se emplea con tal que se mantenga el concepto básico de una cuenca como unidad integral para su planificación y operación.

Los proyectos de ordenación de cuencas, como se entiende en estas pautas, abarcan (ver Cuadro 1.1): (1) prácticas de rehabilitación destinadas a corregir errores del pasado en el uso de la tierra (Problema I); (2) prácticas de protección (Problema II); y (3) prácticas de integración de la cuenca con otros esfuerzos para el desarrollo de los recursos (silvícolas, agrícolas, hídricos) destinados a sostener la productividad aguas-arriba, al mismo tiempo que se previenen los impactos negativos aguas-abajo (Problema III).

#### 1.2 Objetivos y Finalidades

Los objetivos de estas pautas son el de presentar un encuadre lógico y operativo y un conjunto de procedimientos que permitan una evaluación económica de las prácticas de ordenación de cuencas dentro de un proyecto. Además del establecimiento de un encuadre para la evaluación, las pautas ilustran y explican también los diversos beneficios y costos, tanto dentro como afuera del sitio que se ligan a los proyectos de ordenación de cuencas. Se discutirán los problemas y dimensiones exclusivas del análisis de cuencas y se verán los métodos de analizar más efectivamente las dimensiones económicas de los componentes de la cuenca. Resulta aquí de especial importancia la identificación y la medida de los beneficios aguas-abajo. Las pautas deberían ayudar a seleccionar, en el seno de una multitud de posibles componentes en un proyecto de cuencas, aquellas que puedan probablemente alcanzar los efectos deseados al mínimo costo o proporcionar los máximos beneficios a la gente en la cuenca y aguas-abajo, dedicándose determinados recursos disponibles para la ordenación de la cuenca.

Tendrán que ser puestos en relieve algunos de los puntos que se refieren a la finalidad de estas pautas. Primero el debate tratará solamente de el análisis de la eficiencia económica de las prácticas, proyectos y programas para cuencas. Mientras que tendrán que ser también encarados análisis financieros <sup>1/</sup> individuales a nivel de finca, para tratar las cuestiones de la adecuación de las prácticas de la ordenación de la cuenca en los mismos sistemas de cultivo (y relacionados con la necesidad y formas adecuadas para los subsidios), este tema no se trata aquí porque, (i) dichas consideraciones serán simples partes del análisis convencional para el presupuesto de la finca, y (ii) la Guía FAO de Conservación No. 12, trata el tema de los incentivos y de la distribución de costos y beneficios.

---

<sup>1/</sup> En el Capítulo 2 se explica con más detalle la diferencia entre análisis económico y financiero.

Cuadro 1.1 Ejemplos de Componentes de Proyectos de Cuencas

Rehabilitación I	Protección II	Productividad III
<u>Problemas:</u>		
Tierras altas abruptas - disturbadas gravemente; Sedimentación aguas abajo, inundaciones, reducción de la calidad del agua.	Sedimentación de represas aguas-abajo e instalaciones de riego; pobre calidad del agua, escasez de agua para uso aguas-abajo, reducida capaci- dad de protección contra inundaciones.	Escasez de alimentos y recursos - la intensidad del uso de la tierra excede la capacidad de las cuencas; erosión acelerada (superficial, por cárcavas, masiva).
<u>Objetivos:</u>		
-Estabilizar el suelo y las corrientes de agua a continuación de la orde- nación y la protección -Reducir los impactos aguas abajo.	-Protección de la cuenca tierras altas para reducir la erosión y la sedimentación -Aumentar el rendimiento de aguas útiles.	-Desarrollar las prácticas del uso de la tierra que mejoren la productividad en tierras altas y protejan las áreas aguas abajo.
<u>Prácticas:</u>		
-Construcción de estructuras de control de cárcavas -Revegetación y reforestación -Estructuras de estabilización de pendientes -Protección de las áreas sensibles contra pastoreo, extracción de madera y cultivos -Zonificación y manejo del llano aluvial -Desarrollar programas de ordenación basados sobre la adaptabilidad de las tierras -Control de incendios - ordenación bosques tierras altas -Programas de desarrollo - incentivos para ayudar la población en tierras altas.	-Revegetar y manejar la vegetación para proteger el suelo; usar especies poco consumidoras de agua -Cultivos a curvas de nivel -Protección de las áreas críticas adyacentes o aguas arriba de la represa -Recolección de agua, desarro- llo de pozos complementando almacenamientos de la represa -Control, restringir construc- ción de caminos y a continua- ción establecer normas -Construir fosas para sedimen- tos -Prácticas para control de extracciones de madera; normas para caminos, senderos de arrastre y playas.	-Ordenación de pastoreo -Proyectos agroforesta- les con especies para usos múltiples de rápido crecimiento -Desarrollo de acuicultura -Desarrollo plantaciones para leña -Protección y ordenación forestal -Proyectos de recursos múltiples -mejoramiento de la agricultura de colinas.

Segundo, lo que se presenta aquí es un modelo que tiene muchas componentes de las que solamente algunas tendrán que ser normalmente tomadas en cuenta. Incluye los más probables efectos, impactos y relaciones de la ordenación de cuencas; en la mayoría de los casos o superficies solamente algunos de los temas tratados serán relevantes o tendrán que ser considerados en el análisis (por ejemplo, véase el en Anexo I el estudio del caso de la Cuenca Loukos). Al mismo tiempo, el proceso de análisis descrito, y los pasos implicados, deberán ser los mismos para todas las situaciones; variará solamente el nivel del detalle. Este punto deberá ser recordado cuando se realiza la revisión del esquema para una evaluación presentada en el Capítulo 1.

Tercero, se pone en relieve que el análisis económico es simplemente una parte de un esfuerzo de planificación para un proyecto o programa dirigido a identificar no solamente una solución económicamente eficiente. La participación local, la capacidad de absorción

institucional (incluyendo las capacidades de organización, de gestión y presupuestaria), y la factibilidad política, todas entran en el cuadro. En este sentido, el lector tiene que tener presente que no se trata de un juego de pautas para planificar programas o proyectos de ordenación de cuencas. Más bien, representa sencillamente un insumo, si bien muy importante, dentro del proceso de planificación. Es esencial seguir un enfoque integrado en la planificación de la ordenación de cuencas. El economista no deberá hallarse aislado del resto del equipo de planificación, y los insumos económicos deben constituir parte integral del proceso de planificación desde un principio. La naturaleza de tal insumo variará de un caso a otro y con las fases del proceso de planificación. La mayor parte del insumo será de carácter informal, de criterio, especialmente en las etapas iniciales del proceso cuando se tratan de reducir las muchas opciones que puedan presentarse para enfrentar un determinado problema o para aventajarse de una oportunidad particular. Lo que se describe en los siguientes ocho capítulos es un proceso formal de evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas. Los resultados de este proceso son lo que idealmente el economista debiera finalizar y presentar cuando quienes toman decisiones están listos para juzgar las opciones para un proyecto o programa. El economista, llegando a este punto en tiempo, podrá también aportar otros insumos en el proceso de planificación del proyecto. En el Capítulo 10 se analizan esos tipos de insumos. Ellos tratan entre otras cosas las cuestiones referidas a escalas, calendarios, ubicaciones y elección de tecnologías.

### 1.3 El Enfoque de la Cuenca para Planificar y Ordenar

La cuenca es una unidad lógica de planificación, ya que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o recurso depende de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en el total de la cuenca. Las tierras altas y bajas están físicamente conectadas en una cuenca a través del ciclo hidrológico (Figura 1.1). Las actividades aguas arriba afectan las oportunidades y los problemas aguas abajo influyendo sobre el flujo de agua, de sedimento y otros materiales llevados por el agua a lo largo del sistema. Para reconocer este hecho, basta simplemente observar los numerosos ejemplos donde las deficientes prácticas de uso de las tierras aguas arriba provocan desastres aguas abajo. La erosión aguas arriba no sólo origina pérdidas a largo plazo de productividad aguas arriba sino también pérdidas de capacidad de almacenamiento en las represas que provoca a su vez pérdida de producción de potencia hídrica, mayores inundaciones, o pérdida de capacidad de irrigación aguas abajo. La pérdida de suelos genera impactos adversos aguas abajo aún cuando no hay represas. Es muy probable que se produzcan más frecuentemente rebalses de agua y daños de inundación. Además, la falta de agua suficiente para diluir los residuos y en general el deterioro de la calidad del agua de las zonas altas genera contaminaciones más serias incluyendo problemas de salud pública. En otras palabras, el concepto de ordenación de cuencas es una manera integrada de ver los usos de la tierra y el agua y de sus integraciones sobre una determinada superficie. Muchos de estos aspectos de ordenación vienen descritos en un nuevo libro de Easter, Dixon y Hufschmidt (1986).

Las cuencas constituyen también unidades adecuadas para realizar análisis económicos y para considerar muchos cambios físicos conectados con la utilización y desarrollo del recurso (Figura 1.1). En la Figura 1.3 se ilustran las conexiones económicas sociales y facetas institucionales. La mayoría de las facetas de desarrollo y recurso pueden ser evaluadas, incluyendo los cambios e impactos en el lugar (proyecto) y fuera del lugar. La degradación de las cuencas o proyectos dirigidos a la reforestación o a la conversión desde el uso de un recurso a otro pueden ambos desencadenar una migración o cambios de manera de vida para los habitantes de la cuenca. Las actividades en el uso de la tierra y los disturbios aguas arriba a menudo dan origen a una cadena de consecuencias que pueden ser examinadas y evaluadas rápidamente dentro del encuadre de la cuenca.

#### 1.3.1 El Enfoque de la Cuenca y las Jurisdicciones Políticas

Se ha indicado a menudo que el enfoque para cuenca aplicado al desarrollo de superficie o regional huye frente a la realidad política. El argumento es de que los límites políticos y los límites de las propiedades terrenas raramente coinciden con los bordes de la cuenca (Figura 1.2); y puesto que las cosas se ejecutan en términos de jurisdicciones políticas es más lógico de planear y de actuar en términos de tales confines políticos. Sin embargo, visto del otro lado, la realidad física del mundo tiene en limitada

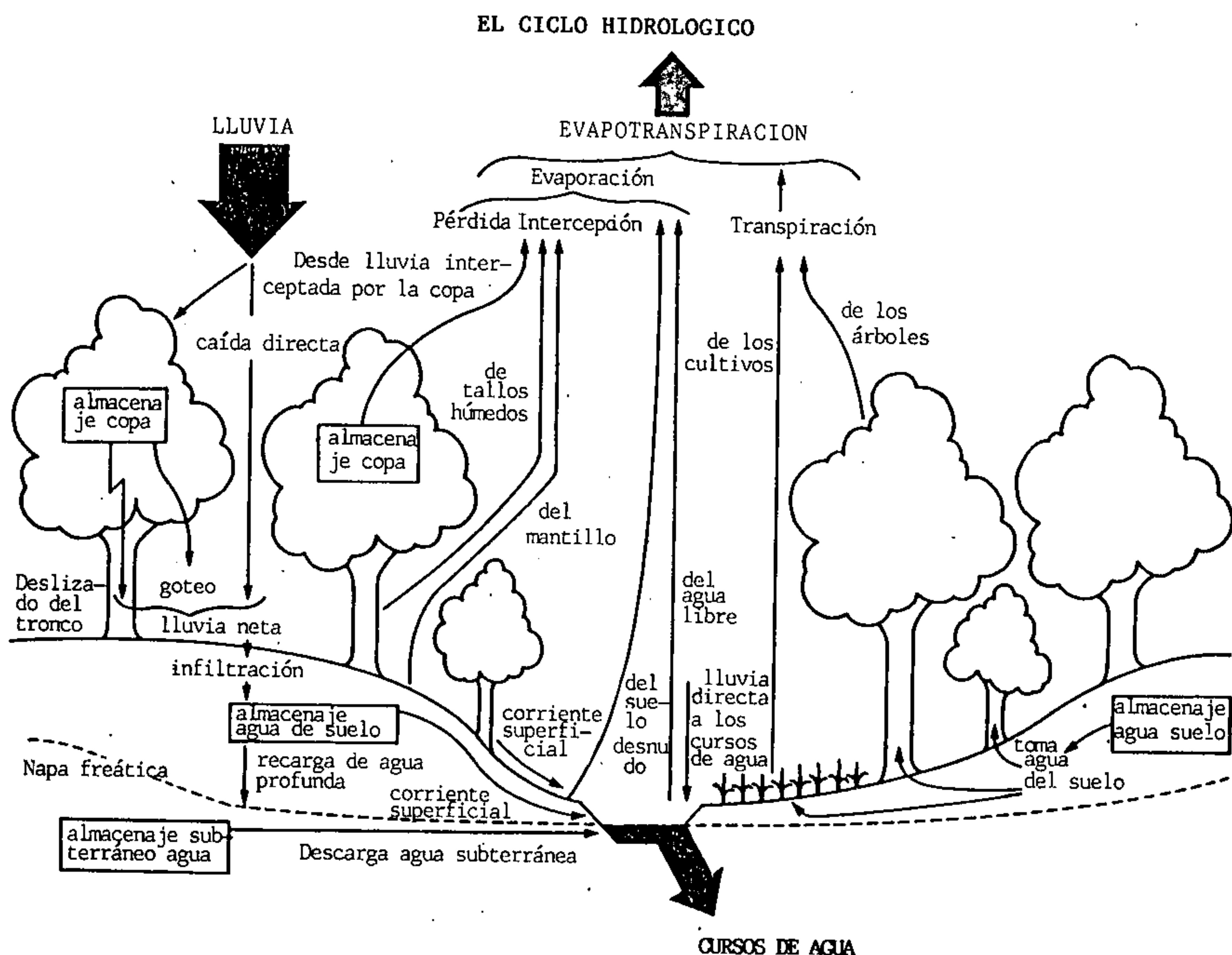


Figura 1.1 El ciclo hidrológico  
Fuente: Hamilton y Pearce, 1986.

consideración las políticas y los confines políticos. Las prácticas del uso de la tierra hechas en forma inapropiada aguas arriba produce la misma devastación aguas abajo independientemente de si se trata de una, dos o diez jurisdicciones políticas.

Aquí el punto es que las dos perspectivas o cursos de acción no son por supuesto mutuamente excluyentes. En efecto, en un sano proyecto de desarrollo deberían ser complementarias. Obviamente las realidades políticas tienen que ser superpuestas planificando la ordenación de cuencas para obtener el apoyo y la actuación política. En algunos casos los intereses de los habitantes de las tierras altas pueden no coincidir con los intereses de las comunidades de aguas abajo. Por ejemplo, el costo de la erosión puede ser en gran parte ajeno a los habitantes de la cuenca; una jurisdicción política separada en la cuenca superior puede hallar que no sea ventajoso cooperar en un proyecto que beneficia en gran parte las tierras inferiores (p.e. represas). Los grupos políticos tienen que juntarse; las unidades de gobierno tienen que negociar, comunicar y subdividir tanto los costos como los beneficios. Llegarán a ello una vez que reconozcan que su cuota de costos y beneficios corresponderá a diferentes alternativas de la ordenación de la cuenca y cómo los costos y beneficios pueden ser ajustados a satisfacción de todas las partes involucradas. Estas pautas tratan de la identificación de tales costos y beneficios y de los métodos que pueden ser usados para evaluarlos y ajustarlos para alcanzar una mutua satisfacción y acción.

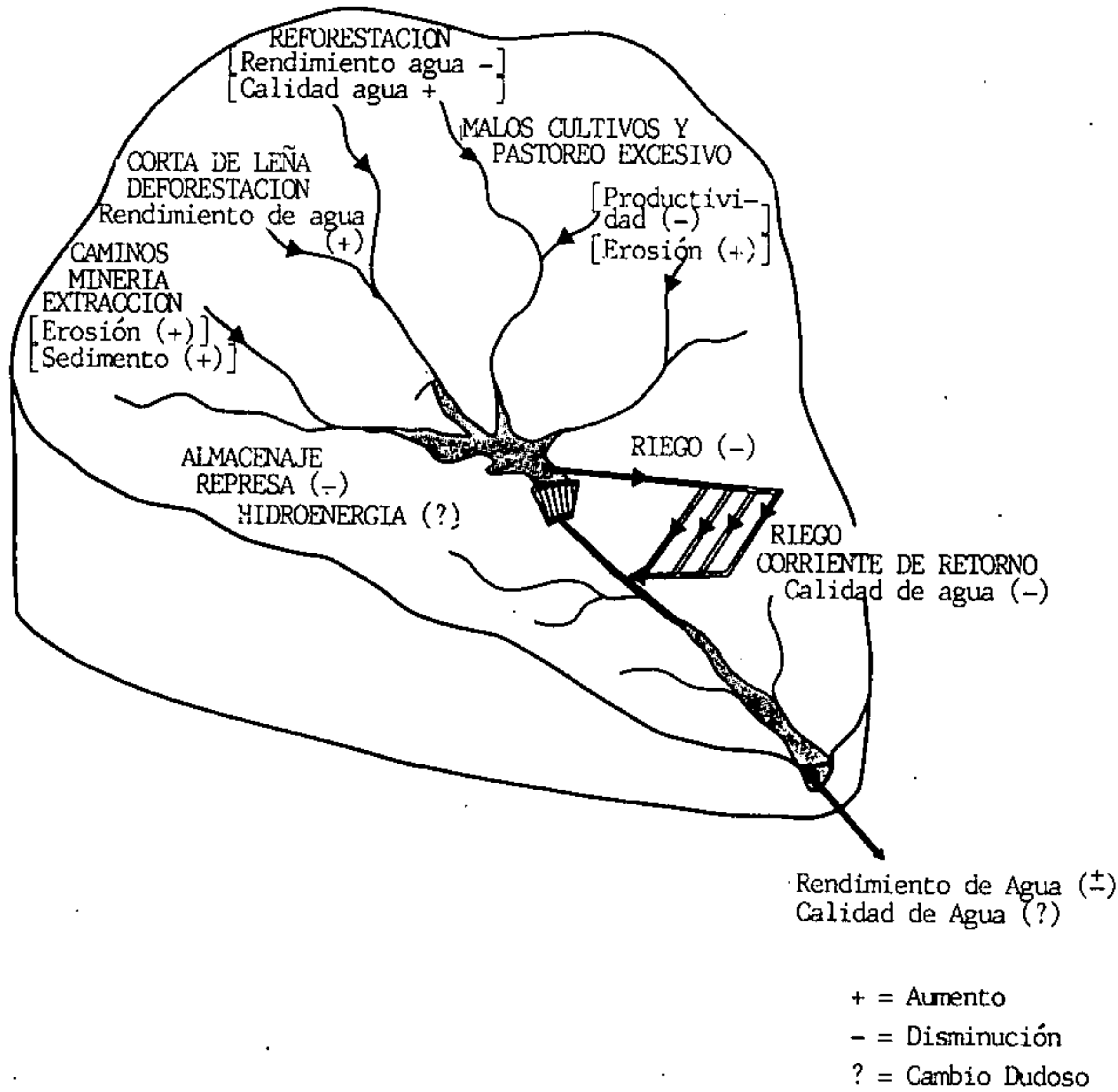


Figura 1.2 Uso de la tierra y conexiones físicas dentro de una cuenca

### 1.3.2 Complicaciones debidas a la falta de valores de mercado

El análisis económico de las prácticas de ordenación de cuencas se complica por el hecho que a muchos de los beneficios derivados no puede vérselos asignado un precio rápidamente en el mercado. Por ende, esta complicación es un motivo fundamental para la redacción de estas pautas. Mientras a veces una práctica determinada de ordenación de cuencas puede no generar producciones que puedan ser evaluadas directamente, en otros casos es posible estimar valores monetarios directamente, por ejemplo, el valor de las pérdidas evitadas, el aumento de cosechas hechas factible previniendo la erosión, y así sucesivamente. Todos estos serán tratados en los capítulos sucesivos.

La falta de bienes y servicios de fácil comercialización derivados directamente de muchas prácticas de ordenación de cuencas son también el motivo del hecho que se encuentren tan pocos programas o proyectos de ordenación de cuencas autocontenidos en sí ( en el clásico contexto de un proyecto de desarrollo). Más bien, las prácticas o programas de ordenación de cuencas generalmente se construyen dentro de otros proyectos con una orientación más bien productiva directa bajo los títulos de proyectos "agrícolas", "forestales" o "de desarrollo rural". A veces las componentes de conservación de cuencas pueden ser las más importantes, tales como en los proyectos del Banco Mundial indicados en el Cuadro 1.2. Obsérvense los variables si bien significativos porcentajes de fondos de proyectos.

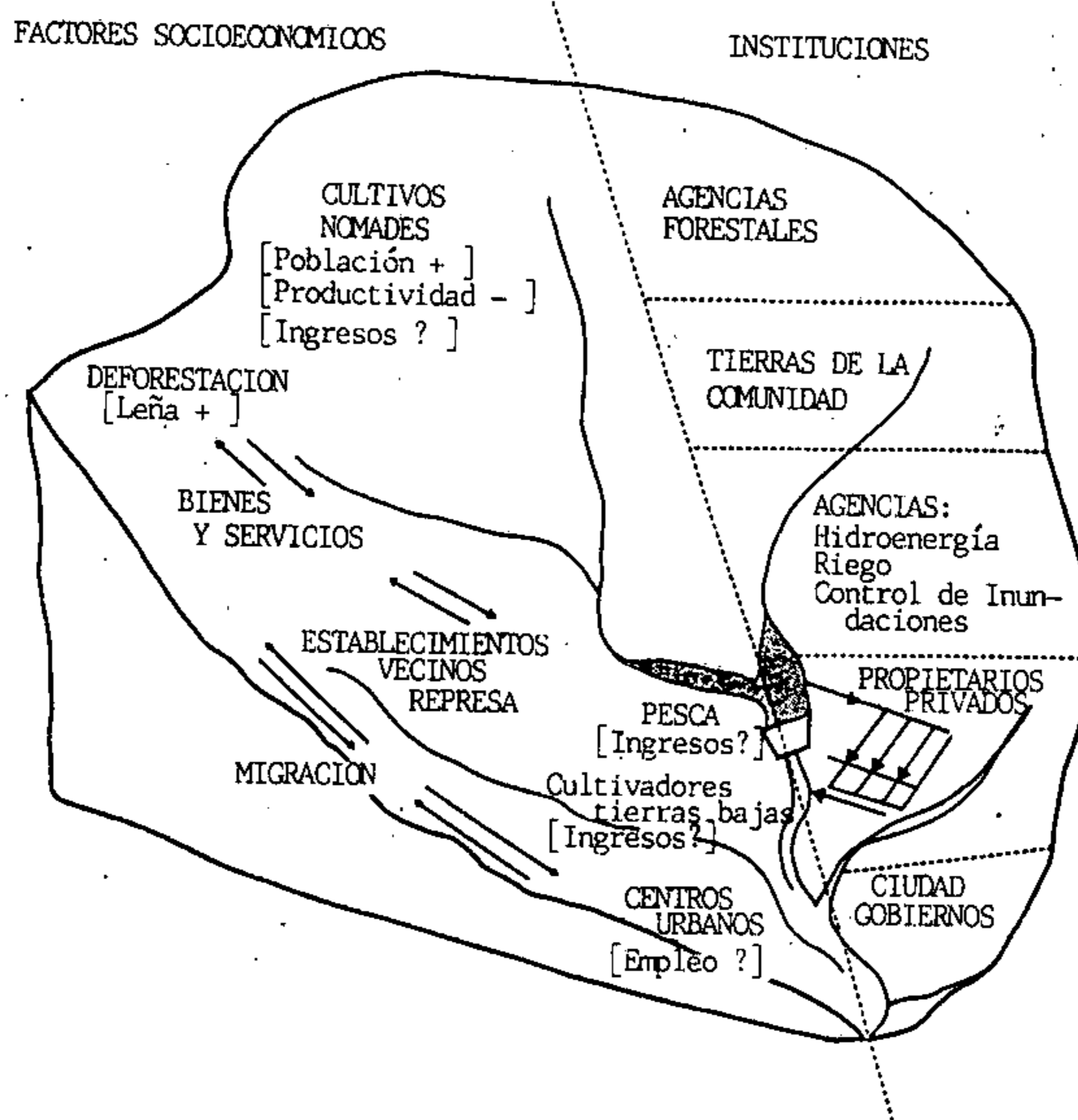


Figura 1.3 Vínculos sociales, institucionales y económicos en una cuenca

Cuadro 1.2 Desglose de los principales componentes de costos para cinco proyectos agrícolas o de desarrollo rural financiados por el Banco Mundial, y ubicados en cuencas superiores

Componentes del Proyecto	Indonesia Yogyakarta Desarrollo Rural		Filipinas Ordenación de Cuencas y Control de Erosión		India Cuenca del Kandl		Nepal Desarrollo Rural 1		Tailandia del Norte Desarrollo Agrícola	
	US\$ millones	% Costo del Proyecto	US\$ millones	% Costo del Proyecto	US\$ millones	% Costo del Proyecto	US\$ millones	% Costo del Proyecto	US\$ millones	% Costo del Proyecto
Desarrollo Agrícola incluyendo Horticultura y Ganadería	4.0	35	—	—	6.0	14	2.7	30	16.0	44
Riego y Control de Inundaciones	—	—	—	—	23.0	53	1.2	13	—	—
Conservación del Suelo y Reforestación	1.0	9	31.1	57	9.0	20	1.2	13	9.0	25
Infraestructura (Caminos de acceso, senderos)	1.5	14	8.4	16	0.5	1	1.1	12	2.0	6
Desarrollo Empresas no agrícolas	1.5	14	—	—	1.0	2	0.2	1	—	—
Ordenación, Extensión, Entrenamiento e Investigación del Proyecto	1.5	14	14.3	27	4.5	10	1.5	16	8.0	22
Servicios Sociales	1.5	14	—	—	—	—	1.3	15	1.0	3
<b>Costos Totales</b>	<b>11.0</b>	<b>100</b>	<b>53.8</b>	<b>100</b>	<b>44.0</b>	<b>100</b>	<b>9.2</b>	<b>100</b>	<b>36.0</b>	<b>100</b>

Fuente: Spears, John y R.D.H. Rowe, 1980. "Preliminary Guidelines for Designing Watershed Rehabilitation Projects for Bank Financing". (Borrador somero para el Segundo Simposio del Sector Agrícola del Banco Mundial, Enero 5-9, 1981).

### 1.3.3 Implicaciones para las Pautas

De lo que antecede resulta evidente que estas pautas tienen que ser algo diferente de los textos existentes sobre análisis económico de proyectos autocontenido. Por un lado, el enfoque cuenca es un concepto de un sistema muy orientado a la autocontención con una orientación global hacia los problemas y sus valores potenciales. Por otro lado, puesto que en realidad se está tratando principalmente con prácticas integradas o incorporadas en otros proyectos o programas mayores, aquí el enfoque será sobre el análisis económico de específicas prácticas sobre la cuenca. Sin embargo, la visión global de la ordenación de la cuenca es necesaria para identificar la combinación de prácticas que tienen que ser encaradas con beneficios y costos pertinentes. Es intención de los autores que la visión global o sistemática sea integrada con lógica y claramente con las preocupaciones referidas a como se analizan en un contexto económico las prácticas de cuencas específicas.

### 1.4 Evaluaciones y Toma de Decisiones

El término "evaluación" en su sentido más amplio, se refiere al proceso de identificar, definir y cuantificar los posibles o esperados impactos de una acción (una práctica) o conjunto de acciones estrechamente relacionadas (un proyecto). Algunos de estos impactos serán vistos como beneficios, mientras otros como costos. En el Cuadro 1.3 se presenta una lista representativa de impactos o efectos de un proyecto forestal dividido a los fines de la conveniencia en efectos económicos y financieros, ambientales, y sociales.

Obsérvese que la división de los efectos indicados en el Cuadro 1.3 se relaciona a diferentes puntos de vista ante cambios dados. Por ejemplo, hágase la hipótesis que un proyecto de ordenación de cuenca culmina en el hecho de que se emplean cien o más personas, supuestamente forestales para prevenir las cortas de madera ilegítimas o el pastoreo sobre ciertas áreas forestales críticas. Se trata de un cambio físico, un hecho. El economista observa la asignación de recursos para esta gente de reciente empleo, y la redistribución de ingresos que tiene lugar, las implicaciones para los presupuestos oficiales, y las implicaciones en términos de niveles de producción regional y nacionales a través del tiempo. El analista ambiental puede observar las implicaciones de una mayor protección forestal sobre la calidad del suelo, la estabilidad ecológica, el rendimiento del agua y así sucesivamente, o sea, los impactos físico biológicos. El científico social a su vez observa los cambios del grado de ocupación regional en términos de efectos sobre los sistemas culturales, la cohesión social, conflictos con las tradiciones institucionales preexistentes, por ejemplo, tradiciones sobre la tenencia informal, y así sucesivamente. El punto es que en este caso el cambio físico es el empleo de cien personas en tareas forestales. El cambio puede tener una miríada de así llamados "efectos" o "impactos" diferentes, dependiendo de quién está observando el cambio en la ocupación.

Hay quienes se preocupan de que se produzca una doble contabilidad de efectos cuando, por ejemplo se dice que el aumento de la ocupación aumenta el ingreso, aumenta la estabilidad ecológica, aumenta la cohesión de la comunidad y los sentimientos de autovalorización, y así sucesivamente. Se trata simplemente de diferentes medidas de preocupación con respecto a un mismo cambio físico. Son medidas complementarias relativas a diferentes criterios de decisión. Describen diferentes dimensiones del impacto del cambio físico que interesan a quienes toman decisiones y no implican una doble contabilidad.

#### 1.4.1 Empleo Util de las Evaluaciones

Las evaluaciones o apreciaciones de un proyecto resultan útiles solamente si proporcionan información significativa a quienes toman decisiones, y la ofrecen en forma tal de que quienes toman decisiones se satisfacen con dicha información. Ello significa que debe hacerse una distinción bien clara entre las consideraciones del analista técnico en la elección de una "buena" evaluación o enfoque de evaluación y el punto de vista del que toma decisiones sobre lo que es característica de una evaluación buena, aceptable y útil. La Figura 1.4 subraya los dos puntos de vista y las características o criterios de relevancia. La separación en los puntos de vista tiene que ver con las limitaciones organizativas, institucionales y otras.

La tarea de un buen planificador o evaluador es de juntar estos dos conjuntos de criterios o consideraciones en la apreciación final producida. Este punto de vista integrativo predomina a lo largo de toda la discusión presente.

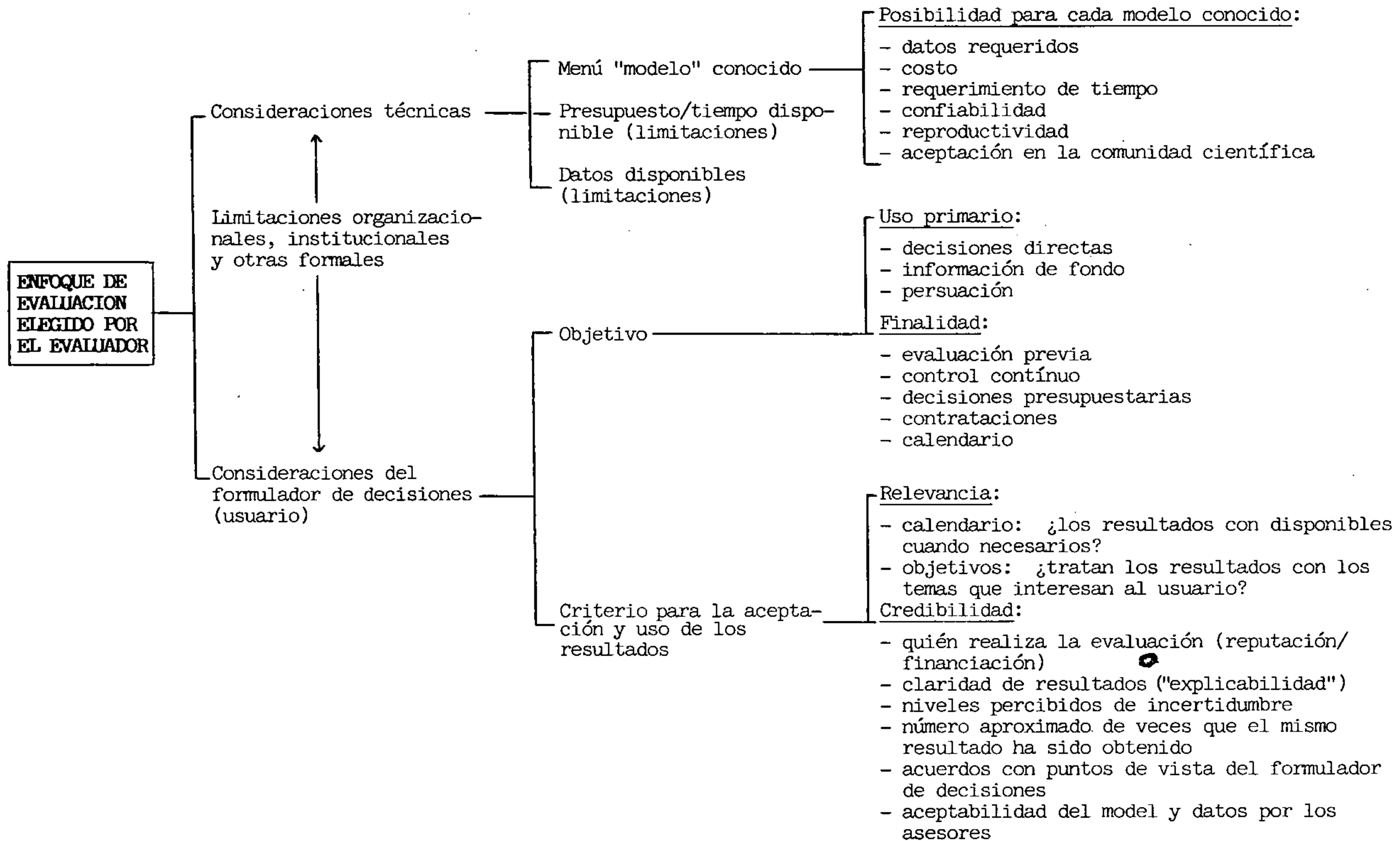


Figura 1.4 Factores que afectan la elección de determinados enfoques de evaluación



Cuadro 1.3 Efectos comunes de los proyectos de inversión forestal 1/

---

Efectos "económicos" y "financieros", o sea efectos sobre:

nivel de producción nacional y regional  
asignación de recursos  
ingreso regional y nacional  
balanza de pagos nacional  
estabilidad de los ingresos a lo largo del tiempo  
distribución del ingreso (ya sea interpersonal como intertemporal)  
presupuestos públicos

Efectos "ambientales", o sea efectos sobre:

diversidad ecológica  
estabilidad ecológica  
protección de la vida silvestre  
protección del suelo  
estética y panoramas  
rendimientos hídricos y tiempos  
calidad del agua  
patrimonio nacional

Efectos "sociales", o sea efectos sobre:

ocupación regional  
condiciones de trabajo  
participación pública  
flujos de migración  
tradiciones culturales  
vulnerabilidad nacional  
estabilidad política

---

1/ A fines de facilitar la exposición, los efectos han sido divididos en tres categorías, específicamente en ambientales, sociales, económico-financiero. En efecto hay una gran cantidad de sobreposiciones entre las categorías.

Fuente: Gregersen, et. al., 1981.

---

1.4.2 Apreciación de los efectos económicos de un proyecto

Las apreciaciones económicas y financieras tratan de contestar preguntas como las siguientes hechas por quienes toman decisiones:

- ¿Son los beneficios económicos mayores que los costos?
- ¿Cuál puede llegar a ser el impacto presupuestario para las agencias y para las entidades privadas involucradas?
- ¿Llegará el proyecto a aumentar la estabilidad económica de las regiones afectadas? ¿Tendrá impacto sobre la balanza de pagos?
- ¿Será el proyecto atractivo para las diferentes entidades privadas (por ejemplo, aguas arriba) que invertirán recursos en el proyecto para que pueda funcionar?

### 1.5 Organización de las Pautas

El resto de estas pautas discute las evaluaciones económicas que proporcionan información que puede ayudar a contestar las preguntas precedentes para el caso específico de proyectos o actividades de cuencas dentro de otros proyectos. En el Capítulo 2 se delinea un esquema general de evaluación, muy cercano al presentado en el Análisis Económico de Proyectos Forestales (AEPF), desarrollado por FAO (Gregersen y Contreras, 1979). Los Capítulos 3 a 10 discuten los detalles del enfoque para el caso específico de proyectos de cuencas, o sea, se enfocan preguntas empíricas relacionadas específicamente con prácticas de cuencas; las preguntas sobre metodología relacionadas con técnicas de análisis económico vienen referidas a los capítulos apropiados del AEPF.

## CAPÍTULO 2

### ENCUADRE PARA LA EVALUACION ECONOMICA

#### 2.1 Introducción

El proceso de evaluación de proyecto es por lo general iterativo donde, a través de etapas sucesivas en el proceso de desarrollo del proyecto, los resultados de las evaluaciones alimentan las decisiones de diseño y rediseño y ayudan a eliminar algunas opciones y agregan otras al concepto del proyecto a diferentes etapas. En la sección 2.3 se describe ulteriormente este enfoque de "etapas" para la evaluación de proyecto.

Deberá tenerse presente la distinción entre evaluaciones "económica" y "financiera". El enfoque de un análisis económico es necesario para verificar que un proyecto en su conjunto rinde beneficios netos a la sociedad, mientras que se hace el análisis financiero para ver si los individuos pueden beneficiarse, y, por lo tanto, cooperar en el proyecto (requisito crítico para alcanzar proyectos sostenibles). En términos más sencillos, la evaluación financiera trata estrictamente bienes y servicios negociados en los mercados, influjos y salidas de dinero, y quién viene compensado y quién paga. Los bienes y servicios negociados en el mercado se refieren a los que se compran y venden abiertamente y, por lo tanto, tienen un precio de mercado fácilmente identificable. La evaluación económica también tiene en consideración bienes y servicios negociados, pero trata de evaluarlos en términos de la verdadera voluntad de la sociedad de pagarlos (estos valores a veces difieren de los precios de mercado). Al análisis económico también adiciona beneficios sociales y costos de bienes y servicios que no se negocian en el mercado mismo, por ejemplo, trata de tomar en cuenta hechos como la prevención de inundaciones, beneficios estéticos, preservación de la vida silvestre, etc. En el Cuadro 2.1 se resumen las diferencias principales entre las componentes económica y financiera de una evaluación.

#### 2.2 Pasos en el proceso de evaluación

Toda evaluación económica en proyecto de ordenación de cuenca o componente de ordenación de cuenca en otro proyecto debería incluir por lo menos los siguientes pasos fundamentales: 1/

Primero, se especifican los objetivos: ¿Qué es lo que el proyecto trata de conseguir? ¿Cuáles son los objetivos que tiene en mira? ¿Cuáles son los problemas que trata de superar?

Segundo, se identifican las principales alternativas para alcanzar los objetivos.

Para cada alternativa que ha sido identificada se siguen los siguientes pasos, como se describe en el resto de este documento para el caso específico de actividades de ordenación de cuencas:

(1) Definición y cuantificación de los insumos y salidas físicas implicadas; desarrollo de cuadros que indiquen insumos y salidas (precios de mercado así como valores económicos) en el curso del tiempo (ver Capítulos 3-5).

(2) Determinaciones de valores unitarios (tanto los precios actuales de mercado como los valores económicos) para los insumos y salidas, incluyendo la opinión sobre los cambios en estos valores en el curso del tiempo (ver Capítulo 6).

(3) Desarrollo de cuadros de flujos de valores, indicando los valores totales de beneficios y costos que se estima puedan tener lugar en la vida de un proyecto; ello se hará tanto para los análisis financieros (cuadros de flujos de caja) como para los análisis económicos (cuadro de flujos de valores económicos), en el Capítulo 7 se discute el desarrollo de estos cuadros.

---

1/ En la discusión que sigue, se usa el término "proyecto" refiriéndose a ambos, tanto a los proyectos autocontenidos como a las prácticas de cuencas incorporadas a otro proyecto.

Cuadro 2.1 Comparación entre análisis financiero y económico

	Análisis financiero	Análisis económico
Enfoque:	Retornos netos al capital social o al grupo o individuo privado	Retornos netos a la sociedad
Objetivo:	Indicación del incentivo a adoptar o implementar	Determinar si la inversión del gobierno se justifica sobre la base de la eficiencia económica
Precios:	Precios recibidos o pagados sea de mercado o administrado	Puede requerir "precios sombra", por ejemplo, monopolio en los mercados, efectos externos, factores de desempleo o subempleo, sobre evaluación de la moneda
Impuesto:	Costo de producción	Transferencia de pago y no un costo económico
Subsidios:	Fuente de ingreso	Transferencia de pago y no un costo económico
Interés y devolución préstamo:	Un costo financiero; reduce los recursos de capital disponibles	Transferencia de pago y no un costo económico <u>1/</u>
Tasa de descuento:	Costo marginal del dinero; tasa para préstamos de mercado; costo de oportunidades de fondos a. individuos o firmas	Costo de la oportunidad del capital; tasas de tiempos preferencial social
Distribución de ingresos:	Medibles referente: Retornos netos a factores individuales de producción como tierra, trabajo y capital pero no incluidos en análisis financiero	No se considera en el análisis de eficiencia económica. Puede hacerse como análisis separado o como análisis de eficiencia balanceado con objetivos múltiples

1/ A menos que haya un préstamo externo

Fuente: Adaptado de Fred J. Hitzhusen, "The 'Economics' of Biomass for Energy: Towards Clarification for Non-Economist", mimeo, Ohio State University, 1982.

(4) Cálculo de medidas relevantes al valor del proyecto y otros índices y medidas requeridas para contestar preguntas relevantes del que toma decisiones, tales como:

- a. ¿Son los beneficios económicos mayores que los costos?
- b. ¿Cuáles son los impactos en la distribución de ingresos de las prácticas de cuencas incluidas en el proyecto?
- c. ¿Cuál puede ser el impacto presupuestario para las agencias o para las entidades privadas implicadas?

- d. ¿Aumentará el proyecto la estabilidad económica de la región afectada?  
¿Tendrá impacto sobre la balanza de pagos?
- e. ¿Resultará el proyecto atractivo para todas las entidades privadas (por ejemplo, propietarios aguas arriba) que tendrán que poner recursos en el proyecto para que pueda funcionar?

En el Capítulo 7 se discuten las medidas relevantes. Los pasos anteriores se relacionan unos a otros según se indica en la Figura 2.1, que esquematiza las consideraciones tanto financieras como económicas inherentes a las apreciaciones del proyecto.

(5) Desarrollo del análisis de sensibilidad, que indica cómo las medidas del valor del proyecto (o las contestaciones a cualquiera de las preguntas anteriores) puede modificarse con los cambios al asumir valores concernientes, relaciones insumos-salida, tamaño del proyecto, etc. (ver Capítulo 8).

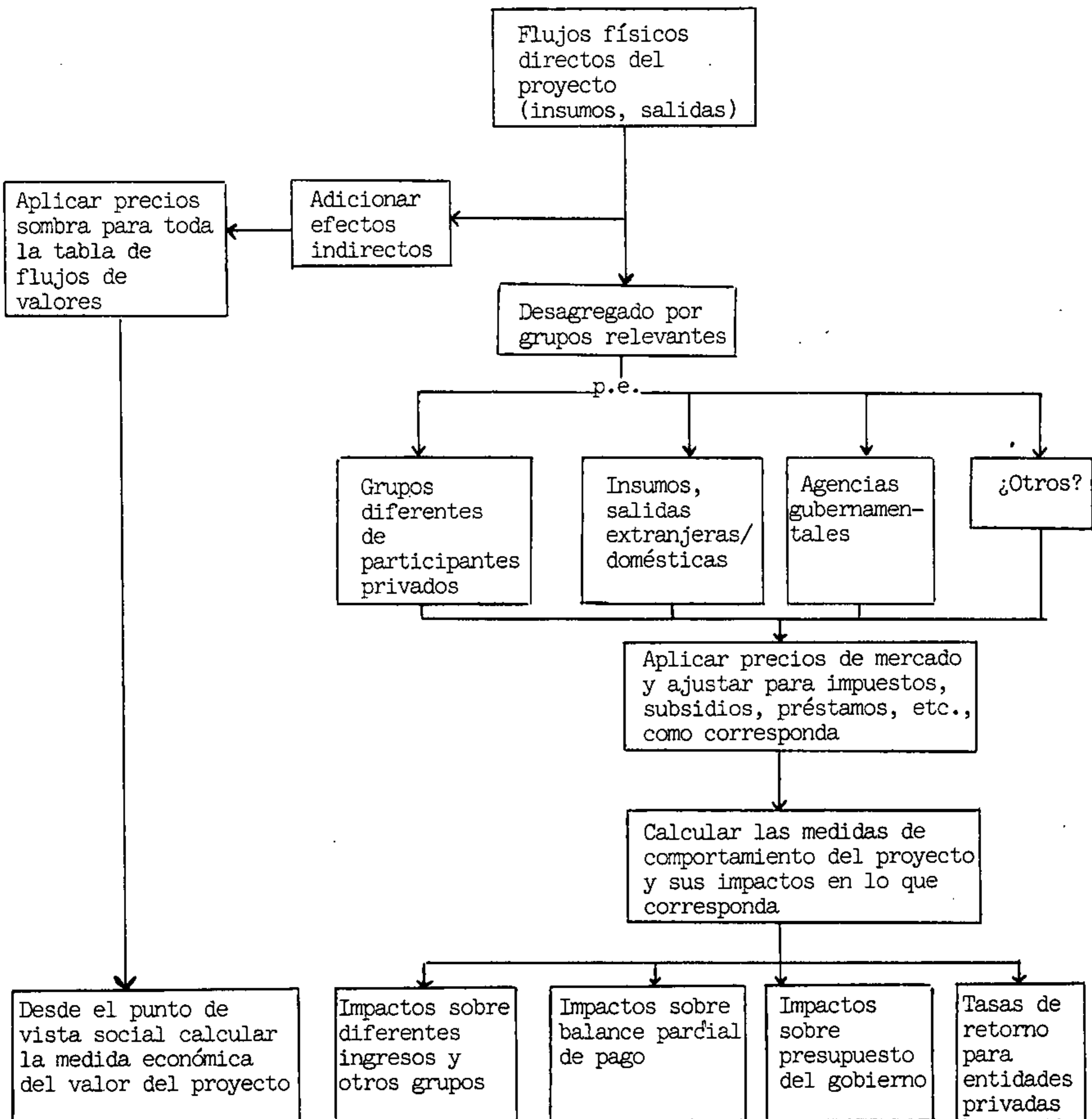


Figura 2.1 Procedimientos en la evaluación económica y financiera (aplicables para cada proyecto alternativo)

Fuente: Gregersen, et. al., 1981

### 2.3 Etapas en la evaluación del proceso

Si bien no hay un número de etapas o niveles a través de los cuales una evaluación tenga que pasar, en la Figura 2.2 a los fines explicativos se indican tres. En el curso de cada etapa, se completan los principales pasos de evaluación para cada una de las alternativas que se toman en cuenta. En el primer nivel, los pasos pueden darse bastante rápidamente, informalmente, y en términos cualitativos siguiendo el juicio del evaluador.

En la segunda etapa, o en el segundo nivel de la evaluación, se sigue un proceso algo más formal. Sin embargo, el objetivo es aún de pasar a través de las etapas con el mínimo gasto de recursos necesarios para alcanzar las metas deseadas, que generalmente se trata de generar en formación adecuada para estrechar el número de alternativas de ulterior consideración en las etapas de evaluación progresivamente más caras.

La tercera etapa es entonces la evaluación formal o el estudio de factibilidad, como se le suele llamar. Esta puede ser bastante cara, sea en tiempo que en recursos; consiste en cálculos detallados de costos y beneficios y su calendario a menudo sobre la base mensual o semanal para grandes proyectos que implican significativos compromisos de recursos.

En los casos en que hay pocas alternativas o cuando se toman en cuenta decisiones rutinarias de ordenación de cuenca, podrá ser identificada sólo una etapa en la evaluación, puesto que la etapa inicial se desarrolló informalmente sin nunca alcanzarse la tercera etapa puesto que se toma una decisión en base a la evaluación de la segunda etapa.

El objetivo detrás del enfoque por etapas es el de gastar una mínima cantidad de recursos necesarios para alcanzar una decisión aceptable sobre la mejor forma de llegar a las metas. En algunos casos, este punto se adquiere después del primer nivel de evaluación - la evidencia y el acuerdo político son tan claros con respecto a la mejor alternativa que no se requiere ir más lejos de un rápido inventario y evaluación de las alternativas para alcanzar una decisión clara. En otros casos, se requerirá una segunda etapa de evaluación más detallada y exhaustiva - la evidencia no es aún suficientemente clara después de la primera etapa de evaluación como para juzgarla.

Finalmente, en los casos en que se implican mayores compromisos de recursos, será necesario es estudio final de factibilidad para llegar al punto donde pueda tomarse una decisión confortable. A veces las instituciones implicadas exigen una evaluación formal (estudio de factibilidad).

Es importante el seguimiento de las evaluaciones de los proyectos de cuenca a diferentes niveles, ya sea porque los recursos para la evaluación son limitados en la mayoría de los casos como porque estimulan tomar en cuenta desde un principio una cantidad de alternativas para alcanzar las metas. Sería innecesariamente restrictivo iniciar con sólo dos alternativas - "no hacer nada" y opción A. El camino preferible sería el de seguir una cantidad de alternativas y luego reducirlas sistemáticamente a través de un recorrido de pasos para la planificación y evaluación del proyecto. Se asegura también así que el proceso de evaluación económico se integre en el proceso de planificación y diseño, más vale que tratarse de un pensamiento ulterior o algo que se aferra en la parte final del ejercicio de planificación de proyectos. Es altamente recomendable que tal implicación ocurra en las primeras etapas...

### 2.4 Un encuadre para la identificación y evaluación de insumos y salidas en la ordenación de cuencas

Dado que las pautas dadas en este documento tratan de la ordenación de cuencas, se requiere marcar un camino que enfoque específicamente los beneficios y costos de la ordenación de cuencas. Este sección presentará tal encuadre.

La mayoría de las prácticas de ordenación de cuencas se asocian con proyectos formulados para producir salidas comerciales, o sea productos agrícolas o forestales. Estas actividades directamente productivas generan los productos indicados en el círculo en el ángulo superior derecho de la Figura 2.3.

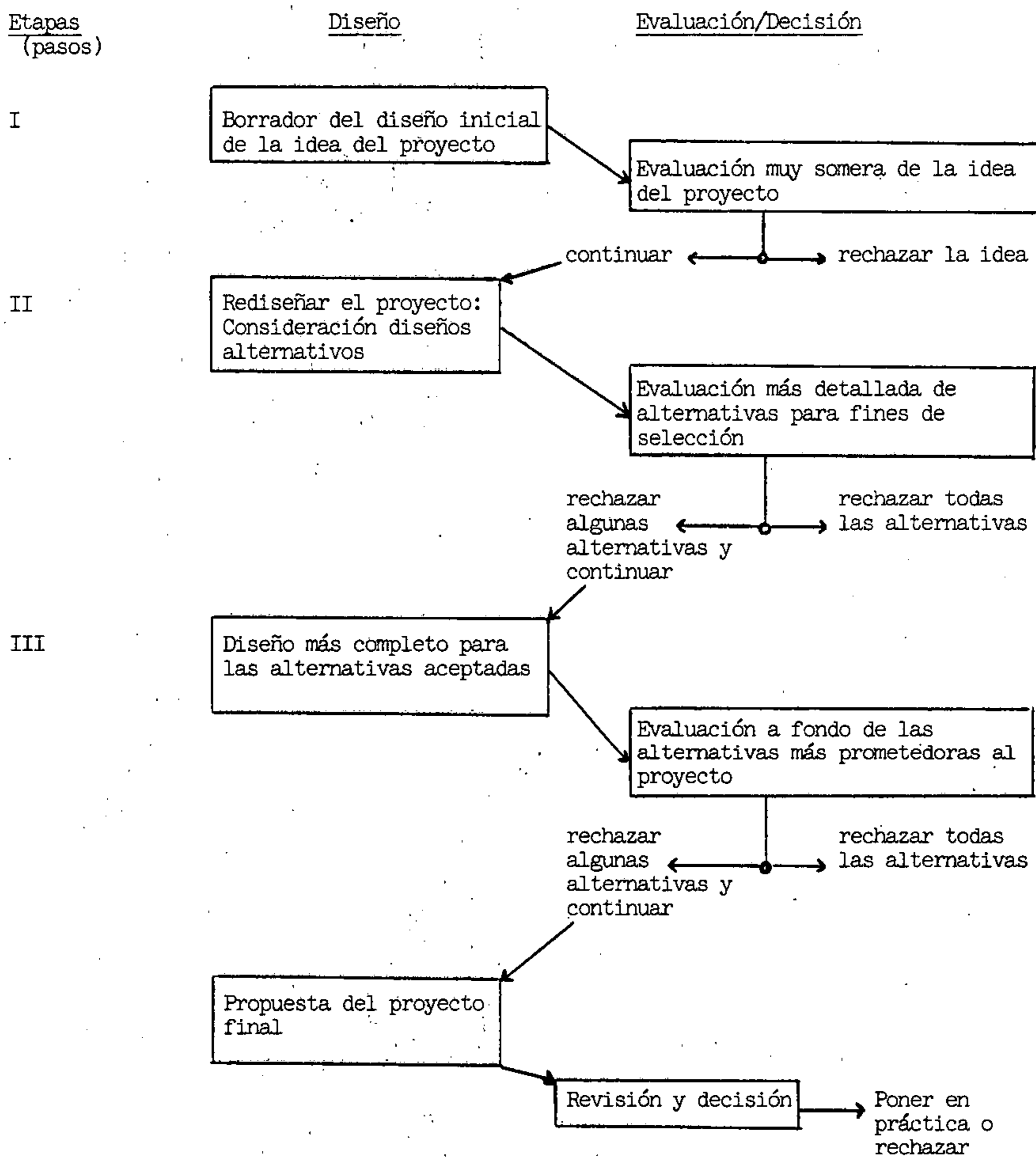


Figura 2.2 Etapas en el proceso de planificación del proyecto <sup>1/</sup>  
Fuente: Gregersen, et. al., 1982

<sup>1/</sup> Como se menciona en el texto, el proceso puede requerir menos o más pasos (etapas iterativas), según la situación del proyecto

ACTIVIDADES  
ORDENACION  
DE CUENCAS

EFECTOS  
FISICOS

VALOR  
MEDIDAS.  
PARA:

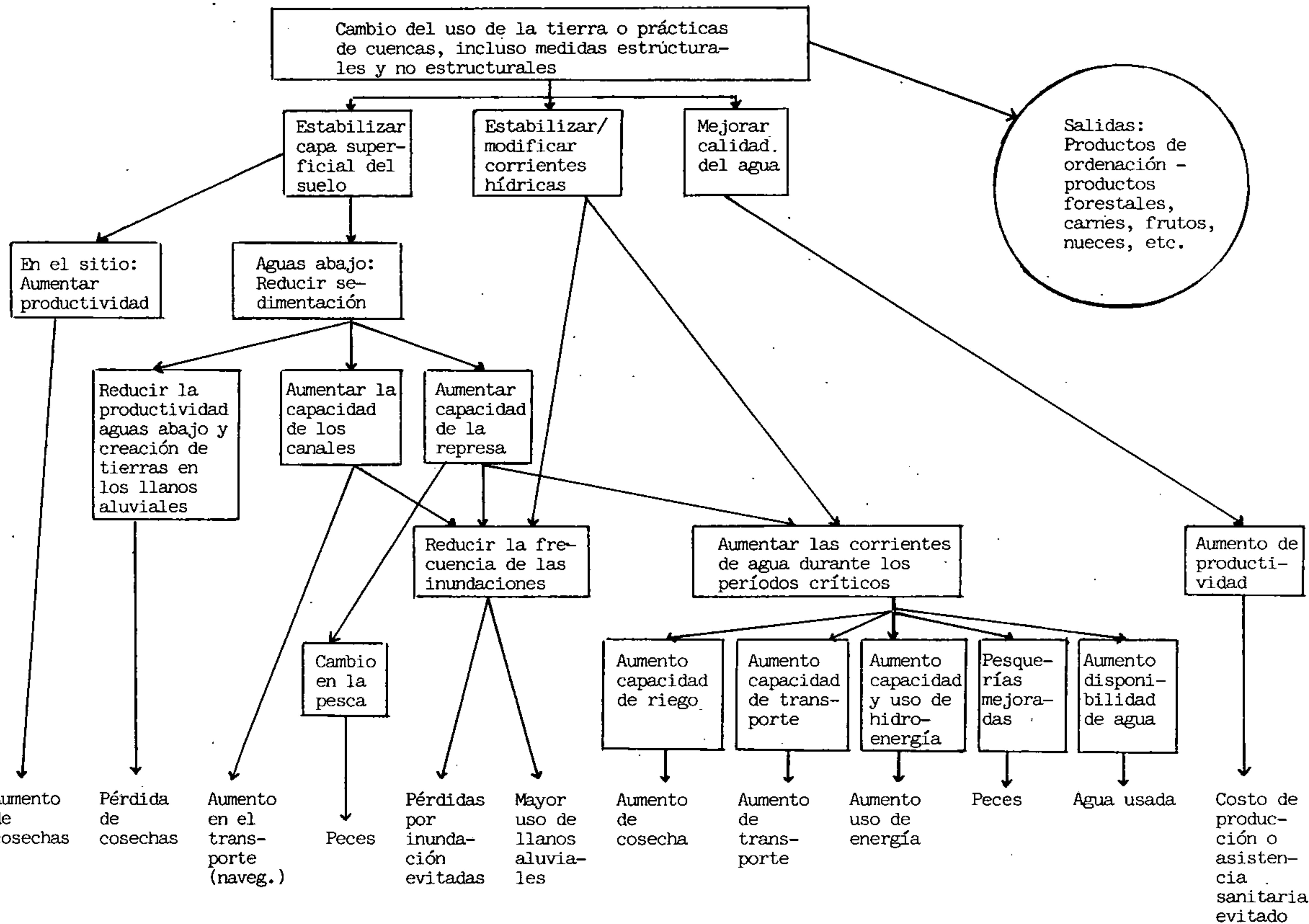


Figura 2.3 Ejemplos de efectos y medidas físicas de los beneficios de algunas prácticas de ordenación de cuencas comparándolas con las condiciones de "sin" las prácticas



Cuando se complementan con, o se integran con modificaciones en las prácticas en el uso de la tierra construyendo estructuras, como diques y represas, estas actividades directamente productivas generan ciertos efectos comúnmente asociados con la ordenación de cuencas - estabilización del suelo, cambios en los flujos hídricos y calidades del agua. Bajando desde las actividades indicadas en la parte superior de la Figura 2.3 a través de la cadena de efectos físicos indicados en el cuerpo de la figura se alcanza eventualmente a una serie de beneficios o costos de ordenación de cuencas (línea inferior en la Figura 2.3). Ellos pueden ser evaluados en términos de voluntad de pago (v.d.p.), que es la medida de valor adoptada en estas pautas (ver Gregersen y Contreras, 1979, Capítulo 5).

En el encuadre ilustrado en la Figura 2.3 se consideran tres elementos principales. Primero, están las actividades de ordenación de cuencas (insumos) y los costos con ellos asociados. Segundo, están los efectos físicos vinculados con las actividades de ordenación. Tercero, están los cambios económicos (ya sea beneficios como costos) asociados con los efectos, por ejemplo, los cambios que pueden ser asociados con los valores económicos directos para los seres humanos y de la voluntad de pagar. En los capítulos 3-5 se analizan las relaciones entre las actividades de ordenación de cuencas (insumos) y sus efectos físicos (salidas). En el Capítulo 6 se discute la valuación de los insumos y salidas.

La discusión de la valuación económica en el Capítulo 6 se ajusta a la categoría de beneficios y costos indicada en la línea inferior de la Figura 2.3. La tarea de vincular las medidas de valor con las medidas de los efectos físicos se ve muy simplificada puesto que la discusión de las relaciones físicas para los insumos y salidas discutidas en los Capítulos 3-5 siguen también esta clasificación.

En la Figura 2.3 deberá observarse que los efectos y beneficios indicados vienen definidos como cambios o diferencias "con y sin" el proyecto o las actividades que se consideren. Por ejemplo, cuando se dice "aumentar la productividad" o "reducir sedimentación" se está indicando la diferencia de productividad o de sedimentación entre condiciones con o sin el proyecto o la actividad. En realidad, en todo caso, la productividad puede aún ir declinando con el proyecto o la actividad, pero a un ritmo más reducido que en el caso de sin el proyecto; por lo tanto, en cualquier momento determinado hay un mayor nivel de productividad (un aumento) sobre lo que podría haber sido sin el proyecto (ver Figura 2.4).

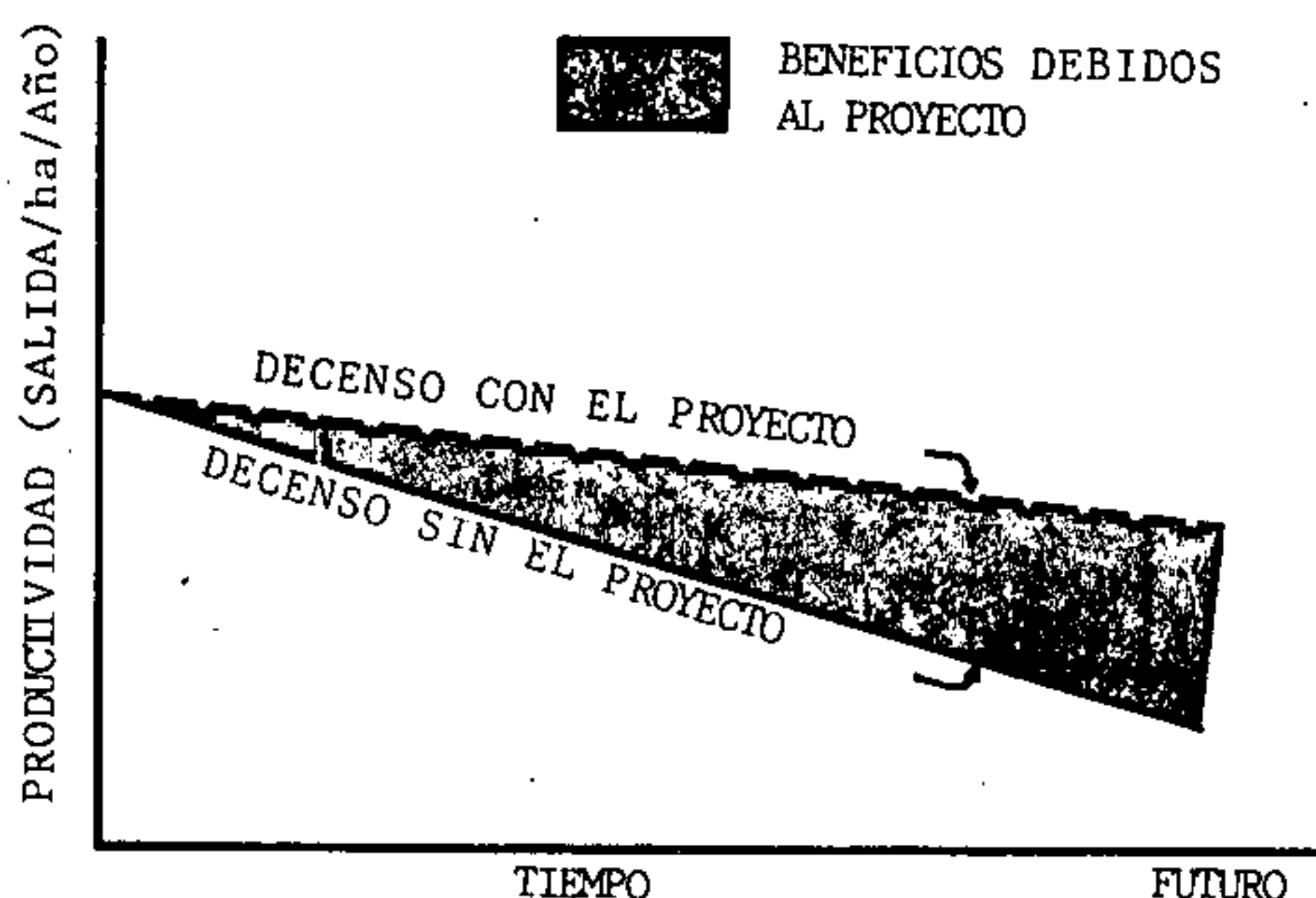


Figura 2.4 Aplicación del concepto de "con y sin"

Como se ha hecho hincapié en los Capítulos 3-5 es de importancia crítica mantener el principio de "con y sin" fuerte en la mente durante todo el análisis de los valores económicos de ordenación de cuencas. Pueden ocurrir significativos errores de medición si se ignora este principio.

## CAPITULO 3

### ESTIMACION DE RELACIONES INSUMOS-SALIDAS

#### 3.1 Introducción

La evaluación de las prácticas de cuencas que son parte de proyectos de desarrollo de recurso exige que se cuantifiquen los efectos de los cambios en las prácticas y en los usos de la tierra. Aquí se están focalizando los efectos biofísicos derivados de las interacciones entre la tierra y el agua y debidas a las conexiones que existen entre aguas arriba y aguas abajo. (Nótese que estas conexiones tienen lugar físicamente a causa de las corrientes de agua y de la gravedad). La evaluación económica trata de monetizar los aspectos cuantitativos y cualitativos de estos cambios.

Cada cambio propuesto en una práctica (por ejemplo, construcción de terrazas) o uso de la tierra (por ejemplo, cría de árboles en lugar de maíz) tendrán insumos en mano de obra, materiales y/o valores renunciados y salidas tales como cambios de producción, producción de sedimentos, y entrega de aguas, basado sobre la diferencia entre con y sin el cambio de prácticas o del uso de la tierra.

Cada sistema de cuenca es único en sí, y hay cantidad ilimitada de prácticas posibles y de cambios resultantes en el sistema. No es posible identificar y cuantificarlos todos aquí. Por lo tanto, en este capítulo se identifican solamente las acciones e impactos más importantes. Se emplean métodos y ejemplos para ilustrar cómo en formación biofísica y las prácticas de ordenación de cuencas pueden relacionarse a los impactos. La dificultad de la cuantificación del encadenamiento "insumos-salidas" es doble:

- (1) Las relaciones biofísicas entre prácticas e impactos no son bien conocidas para ciertas localidades y ecosistemas (especialmente en los trópicos); y
- (2) La información disponible que conecta las prácticas con los impactos para dados sistemas suelo-vegetación a menudo no está dada en la forma de poder ser usada directamente en el análisis económico.

#### 3.2 Cuantificación de las relaciones técnicas

Se ha escrito mucho sobre las pérdidas económicas, sociales y ambientales producidas por la degradación de cuencas. Las talas rasas forestales, las operaciones de extracción, el rozado, el pastoreo excesivo, los cultivos anuales en las pendientes abruptas, y los cultivos nómadas inestables son generalmente acusados como responsables de la degradación en tierras altas y por impactos en aguas abajo como inundaciones, y sedimentación en las represas. Sin ninguna duda, muchos de los impactos registrados son reales. Al mismo tiempo, muchos de los impactos atribuidos a la degradación tierras arriba han sido exagerados. Parte del problema por lo tanto, es el de identificar y cuantificar los impactos reales y sus causas. Además deben desarrollarse relaciones técnicas para relacionar los insumos y salidas del sistema para las condiciones de "sin y con" prácticas de ordenación de cuencas.

La evaluación de un proyecto de cuencas deberá tener en cuenta cambios en el uso de la tierra o cambio de las prácticas destinadas a obtener salidas (beneficios) positivas que tengan que ver con el suelo y el agua, tales como: Creciente productividad de un campo o bosque, reducción de sedimentos que producen daños fuera del lugar, o mejor distribución del agua. Sin embargo, no todas las salidas serán positivas. Por ejemplo, la reforestación podría reducir la erosión y el sedimento (beneficios), pero también reducir la cantidad de agua disponible en la estación seca aguas abajo (posiblemente un costo para un área con elevado consumo de agua). En general, el motivo de alterar las prácticas o usos de la tierra es para obtener del proyecto globalmente salidas positivas. Es teóricamente deseable identificar todos los efectos positivos de un cambio, pero en la práctica es imposible. El empleo de la cuenca como unidad básica para el análisis, sin embargo, expresa muchos de estos efectos en forma más clara de lo que lo hacen otras unidades,

especialmente los vínculos entre aguas arriba y aguas abajo. Las categorías principales de efectos considerados son las que se indican en la Figura 3.1. Los cambios en las prácticas presuponen insumos que pueden ser traducidos en costos.

### 3.2.1 Definición de la situación "sin" proyecto

La situación existente o la condición "sin proyectos" en el curso del tiempo tiene ante todo que ser definida y cuantificada para el sistema de cuenca empleando los datos disponibles de inventario, de monición y reconocimientos (Figura 3.1). Aún en los países desarrollados, los datos no son normalmente suficientes para caracterizar todas las relaciones importantes. Pueden ser difícil de cuantificar, especialmente en las áreas con agricultura de subsistencia, los ritmos existentes de erosión, los niveles de sedimentación, rendimientos de agua, características en la calidad de agua, y aún la producción de cultivos, producción animal y de madera. Aún si estos datos estuvieran disponibles normalmente no se trataría de cuantificar todas las relaciones posibles. Se necesitará un buen criterio para identificar y evaluar desde un principio sólo aquellas relaciones consideradas ser más importantes. Luego, otras relaciones podrán ser evaluadas si se consideraran necesarias. A este punto, no puede sobreestimarse el valor de un equipo experto de especialistas de recursos. Se requieren las opiniones y los juicios de profesionales competentes para compensar la falta de datos y para orientar las energías en las relaciones que tienen mayores impactos.

### 3.2.2 Definición de los impactos "con" proyecto

El paso siguiente en el análisis requiere que se definan las condiciones "con el proyecto". Deberá cuantificarse la efectividad de las diferentes prácticas de rehabilitación y ordenación. Por lo general, falta la información cuantitativa relacionada a las alteraciones del bosque y a los cambios en el uso de la tierra con las relaciones hidrológicas y edáficas, problema que es especialmente sensible en los trópicos (Hamilton con King, 1983). Aún donde existen modelos funcionales de sistemas de cuencas, la escasez de datos para calibrar y verificar el model es una limitación grave. De nuevo, se necesitan generalmente especialistas expertos para desarrollar estimaciones razonables de valores insumos y salidas.

### 3.2.3 Definición de medidas apropiadas de impacto en el proyecto

Deberán subrayarse aquí dos puntos adicionales (ambos tratados con mayor detalle en Gregersen y Brooks, 1980). Con referencia a la Figura 3.1, considerar la evaluación de las prácticas desarrolladas para estabilizar el suelo. Los beneficios derivados pueden incluir aumento de productividad en el lugar y reducciones de sedimentos aguas abajo. El primer punto es que la situación "sin" el proyecto no es generalmente sinónimo de la condición previa al proyecto. Por ejemplo, en la Figura 3.2, el área GBCE menos AG representa el beneficio derivado de un proyecto que ha aumentado la productividad de la tierra desde A hasta B y luego la mantiene a ese nivel hasta el final del proyecto. La fase inicial de un proyecto puede de hecho reducir notablemente la productividad por debajo de la condición "sin", para iniciar el proceso de recuperación. En algunos casos, el beneficio del proyecto se identifica erróneamente como sólo el área FBCE. En efecto, sin el proyecto la degradación del suelo hubiera continuado a lo largo del trazo AE; no hubiera quedado (por lo menos en este caso) al nivel AD. Por lo tanto, el área adicional GFDE menos AG es también legítimamente un beneficio derivado del proyecto. Este concepto tiene implicaciones en términos de cómo se perciben los beneficios. Debe notarse que en las áreas con suelos profundos y productivos, las pérdidas de productividad podrían no ser observadas hasta que se haya perdido una cantidad notable de suelo. En tales casos (raros en los países en desarrollo), la productividad puede mantenerse constante (a lo largo de la línea A-D) durante un período apreciable de tiempo antes de caer (al nivel E). Además, los efectos aguas abajo señalados en la Figura 3.3, muestran que la capacidad de la represa sigue disminuyendo con el proyecto, pero a un ritmo muy inferior que en el caso de sin el proyecto (véase Gregersen y Brooks, 1980, para un ejemplo). En los términos de conceptos empleados en estas pautas, se hace referencia a esta diferencia (ABC) como a un "aumento de la capacidad" para la represa; implicándose con y sin el proyecto.

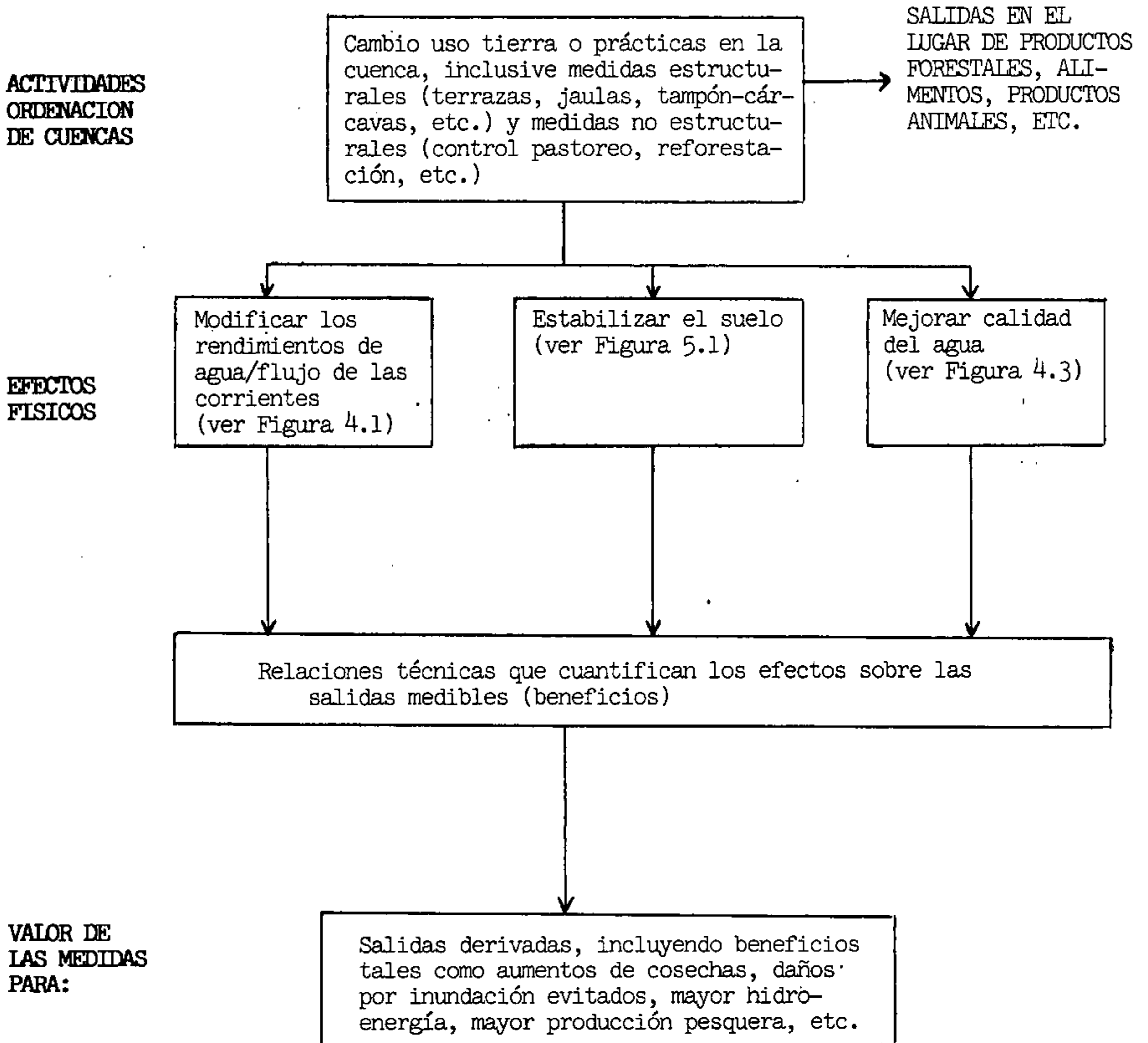


Figura 3.1 . Proceso para relacionar las prácticas de ordenación de cuencas a los beneficios medibles (u ocasionalmente costos) a los que luego pueden asignársele valores para el análisis económico

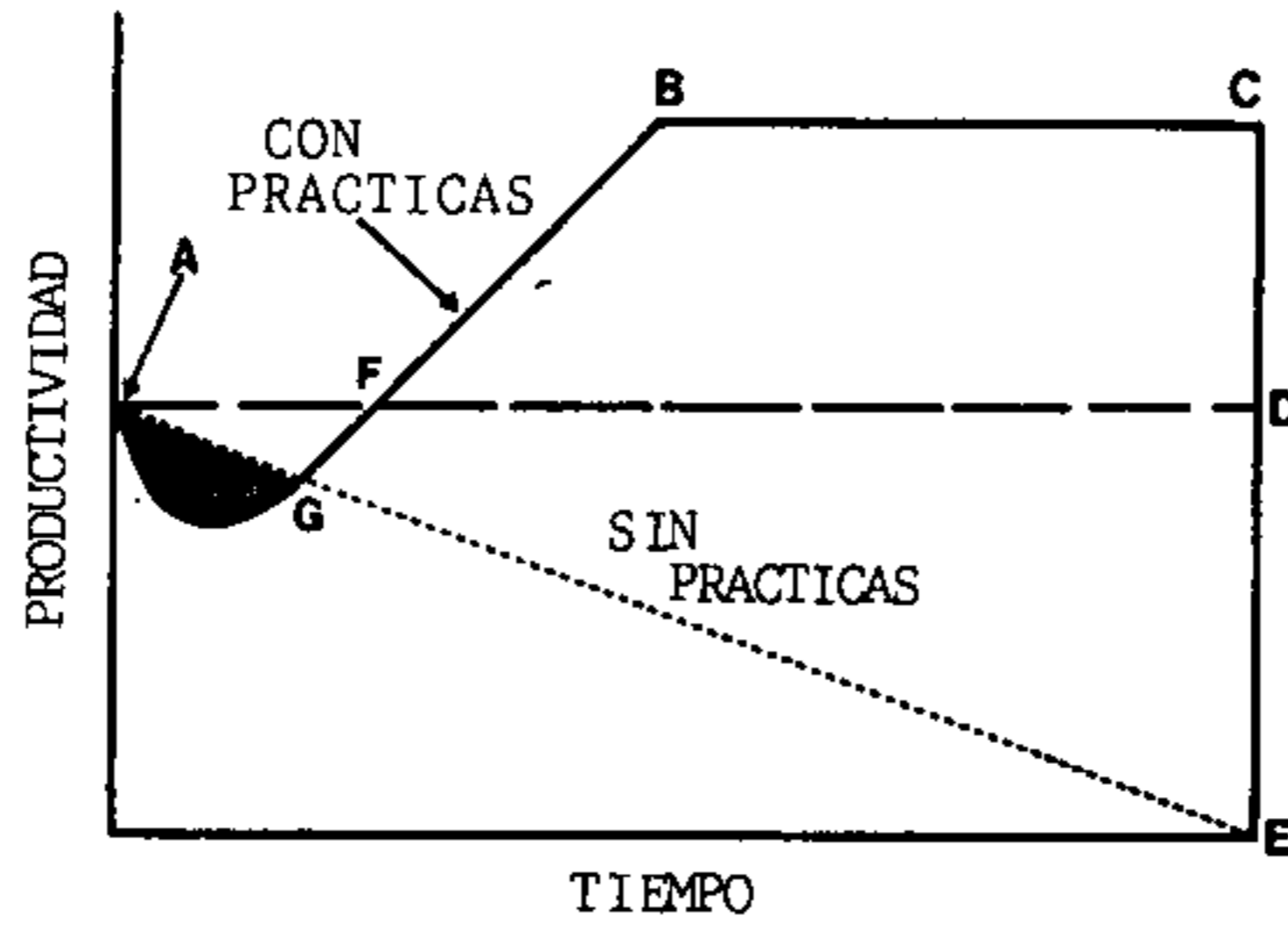


Figura 3.2 Relación hipotética entre productividad y tiempo para las condiciones "con" y "sin" prácticas ordenación cuencas

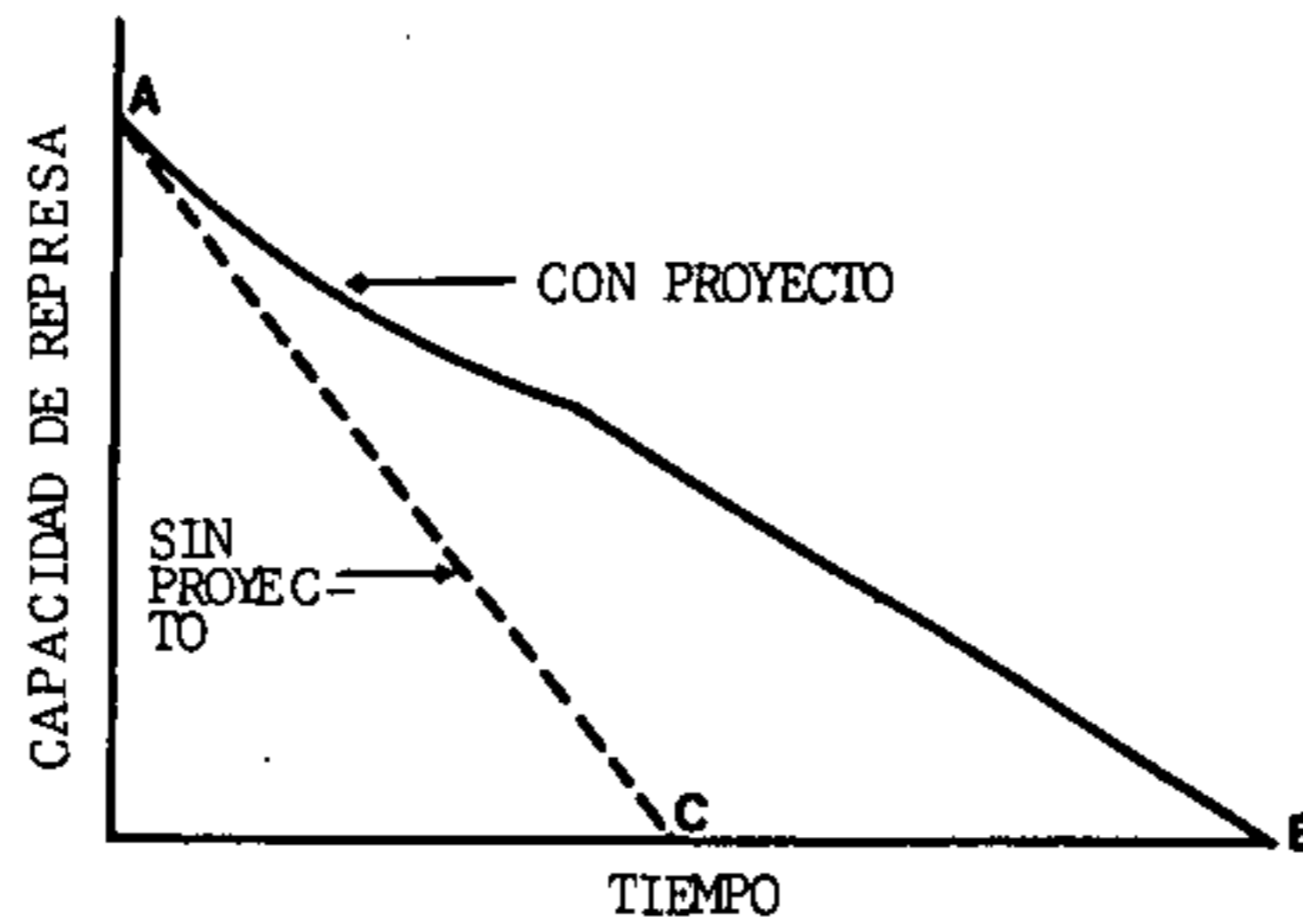


Figura 3.3 Ejemplo de efectos de un proyecto cuenca sobre la sedimentación y capacidad de almacenaje de una represa

El segundo punto es que estas pautas encaran la cuestión insumo-salidas de la ordenación de cuencas desde una perspectiva algo diferente de la que hacen muchos de los manuales técnicos disponibles. El objetivo de un análisis económico es el de identificar y cuantificar costos y beneficios. Como se ha mencionado, los beneficios son cambios en bienes y servicios a los cuales pueden asignarse valores para el hombre. Los seres humanos no asignan valor a pérdidas evitadas de los suelos, pero más bien sobre lo que estas pérdidas evitadas representan en términos de por ejemplo, pérdidas evitadas de alimento. Teniendo presente este concepto, la discusión de cada tipo de relación insumo-salida de ordenación de cuenca se completa solamente cuando se ha alcanzado la relación entre insumos y los bienes y servicios que son consumidos o usados por los seres humanos, y por lo tanto adquieren valor para la sociedad. El punto para subrayar aquí es que la aumentada capacidad de la represa indicada en la figura 3.3 (área ABC) no es una medida de beneficios si la represa tiene una capacidad excedente aún sin el proyecto. Es solamente al punto en que los requerimientos humanos por el agua aumentan más allá de la

capacidad sin el proyecto, que el valor puede ser atribuido al aumento en capacidad generado por el proyecto. Gregersen y Brooks (1980) tratan este punto con mayor detalle. En los Capítulos 3-5 se trata de identificar los cambios físicos de la capacidad con y sin el proyecto. En el Capítulo 6, se analiza luego la cuestión de valores para ver sí, en efecto, el aumento de capacidad tiene un valor económico asociado.

### 3.3 Identificación de los insumos

Los proyectos de cuencas implican en primer lugar un conjunto de actividades nuevas o modificaciones orientadas a su uso y ordenación en tierras altas. Los insumos implicados en estos proyectos son en gran parte los que se derivan del uso adicional de los factores de producción (tierra, trabajo, capital) por encima del nivel de uso en los casos de "sin" el proyecto. Estos insumos son "costos" y se presentan en "lugar" (contrariamente a las salidas, que pueden ser subdivididas en efectos en tierras altas (en el lugar) y de efectos en aguas abajo - fuera del lugar).

Los insumos pueden ser ordenados por categorías como fueron descritos por Gregersen y Contreras (1979). Esta parte del análisis es directa e incluye, (i) una lista de insumos (Cuadro 3.1), (ii) una cuantificación de cada uno en términos de costos y, posteriormente (iii) el desarrollo de cuadros de flujos físicos para cada categoría y para los años (en secuencias) que sean necesarios.

Cuadro 3.1 Ejemplos de insumos necesarios para proyectos de cuencas

Categoría de Insumos	Ejemplos - Descripción
1. Mano de Obra	<ul style="list-style-type: none"><li>. Administradores del Recurso - gerentes forestales, gerentes ganaderos, de cuencas y planificadores</li><li>. Ingenieros e Hidrólogos - diseño estructuras control de erosión, análisis de inundaciones en los llanos, estimación producción de agua, etc.</li><li>. Mano de obra especializada - Construcción</li><li>. Mano de obra no especializada</li><li>. Especialistas en capacitación/extensión para facilitar adopción del proyecto</li></ul>
2. Equipos	<ul style="list-style-type: none"><li>. Lista detallada de equipos necesarios para construcción y mantenimiento</li><li>. Cronograma de necesidades, o sea, calendario</li></ul>
3. Tierra	<ul style="list-style-type: none"><li>. Tierra clasificada según aptitud para diferentes usos</li><li>. Designación de áreas sensibles para ser protegidas (beneficios pasados)</li><li>. Areas que recibirán cuidados previos a la ordenación</li></ul>
4. Materias primas	<ul style="list-style-type: none"><li>. Servicios (energía, combustibles, etc.)</li><li>. Madera (construcción, postes para cercas, etc.)</li><li>. Otros materiales de construcción (concreto, cemento)</li><li>. Agua</li></ul>
5. Estructuras y Obras Públicas	<ul style="list-style-type: none"><li>. Vivienda, caminos, otras facilidades necesarias para el proyecto que no son partes mismas del proyecto; sí son parte del proyecto, serán incluidas en mano de obra, materiales</li></ul>

### 3.4 Transformación de insumos en salidas

Se requieren estudios técnicos para derivar las relaciones que conecten las salidas para determinadas condiciones de cuencas (sin el proyecto) y las salidas asociadas con el proyecto. Deberán considerarse todas las salidas.

Siguiendo el camino de con y sin el proyecto deberán desarrollarse las relaciones técnicas, tales como las que se elencan el Cuadro 3.2. Deberá recalcar el hecho que lo que es importante es la relación marginal entre las variables dependientes e independientes.

Cuadro 3.2 Ejemplos de relaciones técnicas requeridas para ejecutar un análisis económico de proyectos de ordenación de cuencas; bajo condiciones de con y sin proyecto

Variables Dependientes Y	Variables Independientes X
<u>Tierras Altas</u>	
(1) Ritmo anual de erosión (toneladas/ha)	Prácticas de uso de tierra/cuencas; p.e., como caracterizado por la Ecuación Universal para Pérdidas de Suelo
(2) Producción de cosechas (Kg/ha) Producción carne (Kg/ha) Producción lana (Kg/ha) Productos de madera (m <sup>3</sup> /ha)	Ritmos anuales de erosión (ton/ha) para cada práctica de uso de la tierra/cuenca
(3) Rendimiento anual de agua (m <sup>3</sup> /ha) Promedio flujo medio 5 días (m <sup>3</sup> /ha) Promedio descarga pico anual (m <sup>3</sup> /ha) Frecuencia de deslizamientos de tierras <u>1/</u>	Cambio de la cobertura forestal, como % de la cuenca
(4) Diversidad de habitat para vida silvestre o cantidad de especies presentes	% cuenca forestada, pasturas y cultivaciones; y cantidad de bordura
<u>Aguas Abajo</u>	
(5) Tasas de sedimentación con la represa o canal (m <sup>3</sup> /año)	Tasas anuales de erosión (ton/ha) de lo anterior
(6) Pérdida anual de capacidad de generación de hidroenergía, pérdida capacidad de riego, etc.	Tasas de sedimentación (m <sup>3</sup> /año)
(7) Frecuencia de inundaciones <u>1/</u>	Relaciones entre flujo de tormenta y estiaje fluvial bajo diferentes condiciones del canal
(8) Producción de pesca en represas/lagos (kg/años)	Carga nutritiva desde cuenca aguas arriba (kg/año)
(9) Pérdidas (US\$) medias anuales debido a inundaciones	Frecuencia inundaciones <u>1/</u> y sedimentación canales

1/ Relaciones técnicas para determinar los impactos del uso de la tierra sobre aludes y frecuencias en las inundaciones y daños asociados que requieren análisis difíciles y complejos. Petak y Atkisson (1982) indican los métodos de realizar análisis al azar para tales pasos.

Los efectos medios pueden no representar verazmente los efectos del incremento en el proyecto. Esta lista no es exhaustiva, pero señala algunas de las relaciones claves y necesarias para la evaluación económica. Para obtener una lista más completa y comprensiva de relaciones técnicas que puede requerir ser cuantificada para cada determinado proyecto, deberían definirse todos los enlaces pertinentes indicados en la Figura 2.3. En la Figura 2.3 cada línea que conecta los "bloques" representa tal relación. Además, en muchos casos existe una secuencia de relaciones que cada una debe ser determinada antes que se evalúen las salidas, lo que, por supuesto es crítico en el proceso de evaluación.

Deberán desarrollarse relaciones técnicas que cuantifiquen los efectos importantes de una determinada práctica o proyecto. Las relaciones tienen que ser expresadas en manera que puedan usarse rápidamente en un análisis económico. La Figura 3.4 ofrece un ejemplo donde el nivel del uso de la tierra (X) puede producir efectos tanto negativos como positivos sobre algunas medidas de productividad (Y). Sin ningún esfuerzo de ordenación por ejemplo, los niveles de productividad pueden eventualmente alcanzar el nivel "C". Podrían esperarse niveles de productividad en la vecindades de "B", "con" prácticas de ordenación. Las relaciones son fácilmente comprendidas y usadas en los análisis económicos al desarrollar tal procedimiento funcional de producción a las relaciones biofísicas, como fue sugerido por Smathers et al. (1983). Si bien pueden no conocerse la forma y la magnitud exacta de las funciones de producción para las variables que están en la lista del Cuadro 3.2, pueden desarrollarse comúnmente aproximaciones en base a la experiencia o por el trabajo realizado en otro lugar.

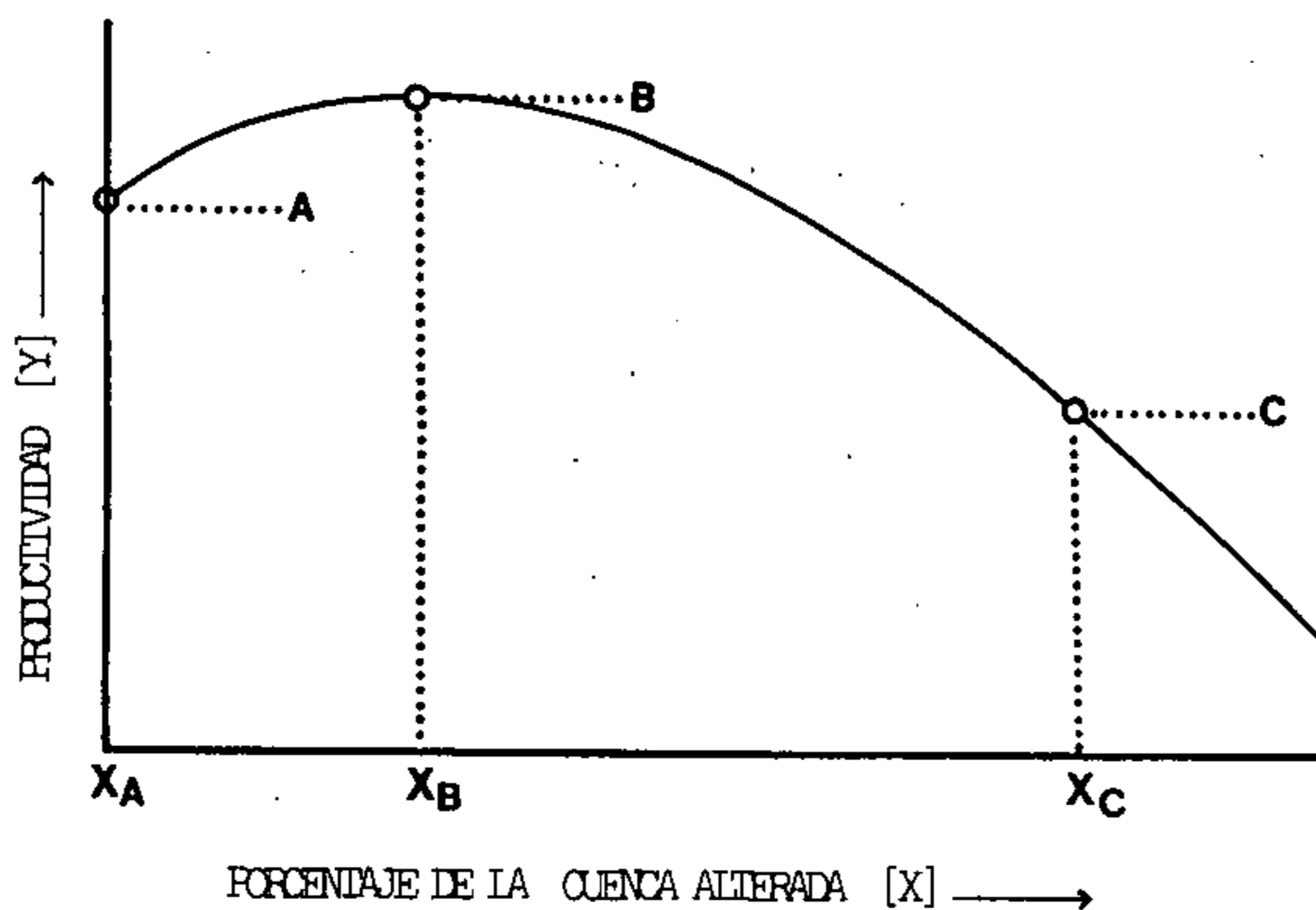


Figura 3.4 Ejemplo de relaciones técnicas generalizadas para sistema de cuencas presentado bajo la forma de una función de producción como sugieren Smathers et.al., (1983). "A" representa no interferencia con el suelo, "B" es la productividad máxima de Y a un determinado nivel de uso ( $X_B$ ) y "C" es donde el nivel de uso ( $X_C$ ) produce impactos irreversibles sobre Y.

El tema de los Capítulos 4 y 5 es el de formular relaciones técnicas que encadenen las prácticas de cuencas (e insumos) a las salidas medibles (ha ser evaluadas). El Capítulo 4 se concentra sobre las prácticas dirigidas a modificar los rendimientos en agua, la reacción a las corrientes de agua (calendarios) y a las calidades del agua. El Capítulo 5 trata de los métodos que dan un valor cuantitativo a las salidas relacionadas con la estabilización del suelo.



### 3.5 Consideraciones por falta de mercado

Muchos de los beneficios atribuidos a prácticas o programas de ordenación de cuencas en las tierras altas no están muy estrechamente relacionados con productos comerciados. Los beneficios pueden incluir la producción de agua de gran calidad que puede derivar en una pesca mejorada y mayor estado sanitario de la gente y del ganado. Los beneficios de la salud pueden relacionarse indirectamente a la productividad humana. Pueden protegerse o ensalzarse el habitat de vida silvestre y la estética de los arroyos y ríos. Tales beneficios ambientales no comerciados deberán ser cuantificados en lo posible en términos físicos, o por lo menos descritos en la evaluación del proyecto.

#### 3.5.1 Irreversibilidades

En un proyecto de evaluación deberá considerarse cuidadosamente el problema de las consecuencias irreversibles, a veces como resultado de no hacer nada. En el sentido más estricto de la palabra, la irreversibilidad sería la destrucción de un habitat para una especie en peligro con el resultado de que tal especie empiece a extinguirse. Es difícil identificar tales posibilidades en los países en vía de desarrollo, así como es difícil determinar el valor de dichos impactos. En muchas cuencas, la degradación provocada por la pérdida del suelo puede no ser físicamente irreversible. Sin embargo, pueden ser necesarios centenares de años para la recuperación del ambiente local a menos que se introduzcan medidas de rehabilitación activas. Si los costos de estas medidas exceden mucho el valor actual de beneficios futuros concretados por su explotación, podrá entonces decirse que la degradación es económicamente irreversible.

#### 3.5.2 Accidentes catastróficos

Otros hechos especiales a considerarse en las cuencas superiores es el desencadenamiento de eventos catastróficos, tales como aludes, flujos de barro, rajadura de suelos e inundaciones repentinas. Las regiones montañosas están expuestas a estos eventos independientemente de los tipos de uso de la tierra. La frecuencia de la ocurrencia y/o magnitud de los daños causados por tales fenómenos pueden ser agravados por las prácticas incorrectas del uso de la tierra y por la ubicación inadecuada de caminos, represas y viviendas. Los beneficios pueden relacionarse al valor monetario de cosas como edificios, equipos de campo, o tierra agrícola. Otra dimensión es la de la vida humana. La cuantificación y valuación de la vida humana es difícil y escapa a la finalidad de nuestro debate. El lector puede hallar en Gottinger (1983) una discusión detallada sobre el capital humano y evaluación de riesgos.

Los eventos catastróficos (como los aludes) no pueden ser prevenidos completamente pero acciones de ordenación pueden practicarse para reducir los daños y pérdidas anuales. Fundamentalmente pueden seguirse dos caminos; el primero es de tratar de controlar o reducir la frecuencia de los hechos catastróficos. El segundo camino es de zonificar las áreas peligrosas y evitar la ocupación humana y desarrollo económico en ellas. Un ejemplo del primer camino es el de la plantación de árboles y/o arbustos de raíces profundas en los sistemas agrícolas sobre grandes pendientes. Como componentes de proyectos agroforestales, los árboles pueden ofrecer beneficios múltiples para la estabilización de la pendiente además de productos de madera, pastaje y vida silvestre. Los árboles leguminosos pueden ofrecer beneficios adicionales al fijar nitrógeno en el suelo. La cuantificación de los beneficios en términos de pérdidas evitadas, exige un análisis específico sobre el lugar en la cuenca. En la mayoría de los casos, la incertidumbre será elevada puesto que las relaciones son aproximadas basadas sobre el juicio del experto. Sin embargo, alguna información es mejor que ninguna.

En algunos casos, se hace una decisión política-judicial-social para reducir los aludes producidos por la actividad humana. El costo de continuar tal actividad puede determinarse por evaluación económica a los fines de rever la validez de la decisión (véase Encuadre 3.1).

Encuadre 3.1 Aludes, Producción de Madera y Pesca

En el Bosque Nacional de Siuslaw en la Cadena Litoral de Oregón se está discutiendo un interesante trueque entre la producción de pescado y de madera, donde los aludes en los cursos de agua constituyen los nudos de vinculación. Mientras los aludes naturales tienen lugar sobre este terreno, tanto la corta de árboles como la construcción de caminos acelera en mucho la cantidad y la amplitud de los deslizamientos. Los cambios en la ejecución de los caminos virtualmente los han eliminado como responsables de mayores aludes. El costo de implementar los cambios ha aumentado los costos de construcción de caminos del 50 al 100% (Kessel, 1985). Tenemos aquí un costo verificable que deberá ser igualado por el "valor" de la pesca. Sin embargo, una vez que se redujeron los aludes vinculados a los caminos, se halló que con la simple tala a ras de los árboles se redujo la resistencia radicular al arranque de modo que los aludes continuaron a ocurrir en las áreas susceptibles al deslizamiento. La identificación de estas áreas y su designación como "no cosechables", puso en luz que quedaba implicado alrededor del 25% de la tierra forestal comerciable en el Distrito de Mapleton. Este valor puede también ser monetizado, y la pesca deberá valer por lo menos este valor adicional para justificar una reducción de las talas y la construcción de mejores caminos como práctica de ordenación de cuencas. Si la madera puede obtenerse en otro lugar, es correcto comparar entonces el costo adicional del sustituido con el valor del daño ambiental (pesca perdida) así evitado.

3.5.3 Preservación de los ecosistemas

La preservación de los ecosistemas naturales, áreas escénicas y hábitat de la vida silvestre representa otra dimensión para muchos proyectos de cuencas. En muchos casos, la preservación puede justificarse en base a los beneficios múltiples - algunos económicos y otros no. Por ejemplo, la vegetación ribereña puede funcionar como valioso hábitat terrestre para la vida silvestre, beneficiar la vida silvestre acuática, manteniendo más baja la temperatura del agua y con menos turbidez, y al mismo tiempo estabilizar las barrancas de los ríos y reducir la salida de sedimentos hacia las áreas aguas abajo. La preservación de algunos ecosistemas, especialmente aquellos con especies amenazadas, podrían ser la mejor solución a beneficios de la ecología y la sociedad en su conjunto. En tales casos, la importancia de un ecosistema podría no ser rápidamente evaluada sobre bases económicas, si bien los beneficios esperados deberían ser descritos explícitamente en la evaluación.

## CAPITULO 4

### CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS EN RENDIMIENTOS HIDRICOS Y CURSOS DE AGUA RESULTANTES DE LAS PRACTICAS DE CUENCAS

#### 4.1 Introducción

Las actividades de uso de la tierra que alteran el tipo o la extensión de la cobertura vegetal en una cuenca cambiarán por lo general la cantidad de agua obtenible de la cuenca (rendimientos de agua) y, en algunos casos, los ritmos máximos y mínimos de las corrientes hídricas y la calidad del agua. Los cambios de la cobertura vegetal son parte normal del desarrollo rural, del desarrollo agrícola y la ordenación del recurso natural. Es importante reconocer en qué manera estos cambios afectan los recursos hídricos. Por otro lado, tienen que identificarse en términos de prácticas en la ordenación de cuencas, las oportunidades para mejorar los rendimientos hídricos, la calidad de agua o las corrientes de agua resultantes de manipulación de la cobertura vegetal. En la Figura 4.1 se indican los tipos de relaciones necesarias para cuantificar los efectos de las prácticas de cuencas sobre beneficios referentes al agua.

Con respecto a la Figura 4.1 deben subrayarse tres puntos (también en las figuras similares posteriormente analizadas, o sea, 4.3 y 5.1):

(1) No se indican todas las posibles relaciones y resultados. Según las prácticas que se estén evaluando, los efectos pueden ser opuestos a algunos de los que se ilustran. Por ejemplo, la aforestación o reforestación tendrían la tendencia a disminuir los rendimientos hídricos. Si la reforestación ha acompañado la construcción de represas, el costo en términos de reducir rendimientos hídricos debería ser comparado a los beneficios por menor sedimentación (y por lo tanto mayor capacidad de represa) en la localidad de la represa (como se analiza en el Capítulo 5).

(2) Si bien puede identificarse para un proyecto un montón de beneficios, la apreciación podría requerir la evaluación de solo pocas relaciones. En algunos casos, el proyecto podría ser muy bien justificado sobre la base de una o dos salidas que pueden ser fácilmente identificadas sin llegar a una evaluación comprensiva de todos los beneficios posibles.

(3) Debe tenerse mucho cuidado de tener en cuenta todos los costos asociados con el proyecto; algunas de las salidas de una práctica de cuencas puede generar beneficios a algunos a cuestas de otros.

La finalidad de este capítulo es de examinar y cuantificar varias relaciones importantes entre las prácticas de cuencas, así como la cantidad, los momentos y la calidad del rendimiento hídrico.

#### 4.2 Cantidad de rendimiento hídrico

El primer paso cuando se evalúan los beneficios de los rendimientos hídricos o costos, es de cuantificar las relaciones entre uso de la tierra o prácticas de ordenación que afectan la cobertura vegetal y el cambio correspondiente en el rendimiento hídrico. Los experimentos en cuencas indican que los rendimientos de agua aumentan a menudo cuando: (1) los bosques se cortan a tala rasa o se ralean, (2) la vegetación se convierte de especies de raíces profundas a otras de raíces superficiales, y (3) cuando en la cobertura vegetal se cambian las especies de altas especies a bajas capacidades de intersección. La magnitud del cambio en rendimientos hídricos depende de los suelos, condiciones climáticas y porcentaje de la afectación de la cuenca. Los máximos cambios en rendimientos hídricos tienden a venir a continuación de la remoción completa del bosque. La duración en tiempo del rendimiento hídrico que excede las condiciones previas a la corta dependen del tipo de vegetación que reemplaze el bosque y del ritmo con el cual la vegetación vuelve a crecer en el lugar. En el Cuadro 4.1 se resumen las reacciones del rendimiento hídrico a los cambios en algunos tipos de coberturas vegetales.

ACTIVIDADES  
ORDENACION  
DE CUENCAS

EFECTOS  
FÍSICOS:

MEDICIONES  
DE VALOR  
PARA:

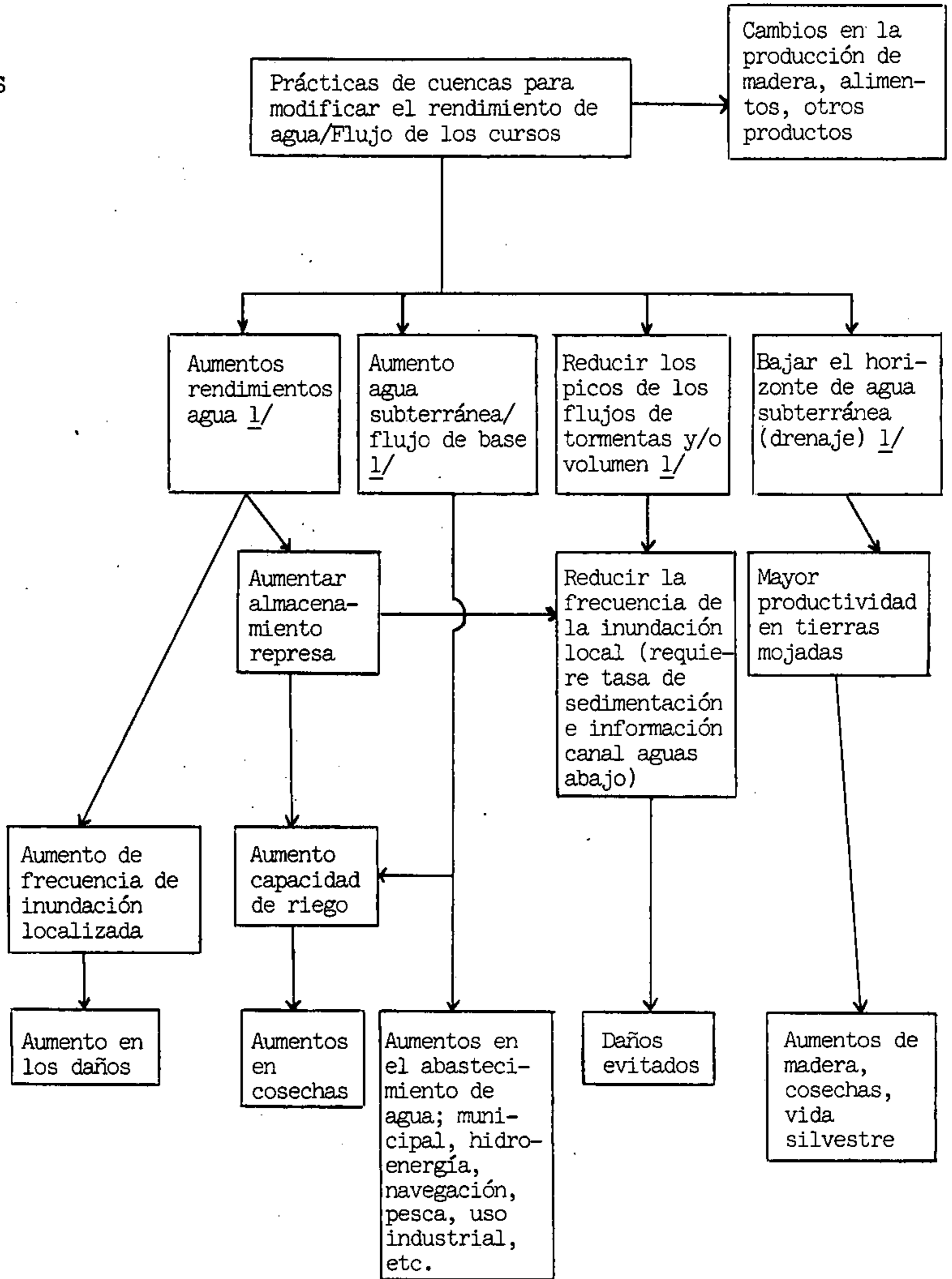


Figura 4.1 Ejemplos de efectos y medidas físicas de los beneficios con práctica de cuenca que modifican la relación rendimiento de agua/flujo de los cursos; las salidas son las de "con el proyecto" comparadas con el "sin" del proyecto. Todos estos efectos no surgirían de ninguna determinada práctica y representan algunos de los efectos comúnmente observados.

1/ Algunas prácticas pueden causar efectos opuestos con diferentes beneficios o costos que deben ser identificados y evaluados

Cuadro 4.1 Cambio en los rendimientos hídricos, consecuencia de cambios en la cobertura vegetal para bosques no nublados o condiciones forestales litorales (derivado de Bosch y Hewlett, 1982)

Tipos de cobertura vegetal	Aumento en el rendimiento anual hídrico para una reducción del 10% en la cobertura <u>1/</u>		
	Promedio	Máximo	Mínimo
	..... mm .....		
Bosques coníferas y eucalipto <u>2/</u>	40	65	20
Latifoliadas de caducas	25	40	6
Arbustos	10	20	1

1/ Los aumentos en la cobertura madura producirán disminuciones de rendimiento de casi la misma magnitud. En general, los regímenes climáticos más húmedos evidencian mayores cambios que los regímenes climáticos más secos.

2/ Pilgrim et. al., (1982) indican que en Australia el pino usaba más agua que el eucalipto. Dunin y Mackay (1982) indicaron también que las pérdidas de intercepción de *P. radiata* eran 10% mayores que los bosques de eucalipto sobre una base anual; en Australia las diferencias anuales entre bosques de pinos y eucalipto se estimaron en 35-100 mm/año.

#### 4.2.1 Estimación de cambios en el rendimiento hídrico

Los cambios en rendimiento hídrico provocados por los cambios en la cobertura vegetal en una cuenca pueden estimarse según uno o más de los siguientes pasos:

- (1) Estimar los cambios en rendimientos hídricos anuales aplicando las relaciones resumidas en el Cuadro 4.1, pero teniendo cuidado en la amplia gama de valores posibles.
- (2) Aplicar las relaciones matemáticas, regionales o locales derivadas, que predicen las modificaciones en rendimientos hídricos ante los cambios de vegetación.
- (3) Ejecutar un análisis de presupuesto hídrico para las condiciones de cobertura vegetal existente y propuesta.
- (4) Aplicar modelos de simulación por computadora que han sido ya verificados bajo condiciones similares a las que interesan.

La discusión detallada de estos métodos escapa a las finalidades de estas pautas. La aplicación del Cuadro 4.1 es directa y útil para aproximaciones burdas, especialmente en las etapas iniciales de planificación de un proyecto. Por ejemplo, si se hubieran tomado en cuenta estas relaciones se podría haber contribuido a evitar el problema de la escasez de agua hallado en las islas Fiji por consecuencia de un proyecto de aforestación (ver Encuadre 4.1).

##### 4.2.1.1 Relaciones regionales

En algunos casos, puede disponerse de relaciones derivadas local o regionalmente para predecir con mayor exactitud la reacción de rendimientos hídricos que siguiendo el camino anterior. Desafortunadamente, tales relaciones han sido desarrolladas sólo para pocas localidades - principalmente en América del Norte (Ponce, 1983). Por ejemplo, Douglas (1983) desarrolló las siguientes relaciones que son válidas para la región templada-húmeda del este de Estados Unidos:

Encuadre 4.1 Rendimientos hídricos y la aforestación

A fines de desarrollar una industria sobre la base de la madera en las Islas Fiji se plantaron 60 000 ha de Pinus caribaea sobre las islas más grandes del país, Viti Levu y Banua Levu. Las plantaciones se establecieron sobre zonas secas a sotavento de ambas islas. En Viti Levu, se desarrolló coincidentemente con la aforestación una represa con reserva de agua para estaciones hidroeléctricas. Ello se hizo suponiendo equivocadamente que las plantaciones de pino iban a rendir una mayor y más uniforme disponibilidad de agua. El proyecto de abastecimiento hídrico tenía por finalidad dar agua a las dos ciudades más grandes de "zonas áridas" de la isla, para los próximos 30 años. Si bien las precipitaciones anuales en los costados a barlovento de las montañas pueden superar los 4 800 mm/año, las lluvias durante la estación seca (mayo-octubre) sobre las pendientes a sotavento son generalmente de 11,8 a 19,7 pulgadas (300 a 500 mm), con períodos secos prolongados. La forestación de cuencas anteriormente cubiertas por pasto misionero comenzó por hacer reducir los cursos de agua en la estación seca, motivo de preocupación para el proyecto de abastecimiento de agua. Se observaron reducciones de hasta 50 a 60% en cuencas que tenían rodales de pino de seis años plantados. Para bosque de pino maduro se sospechaba llegar a reducciones mayores. En este caso, el proyecto de aforestación redujo el rendimiento de agua y no fue compatible con el proyecto de recursos hídricos (Drysdale, 1981).

Aumento de rendimientos hídricos para rodales de latifoliadas

$$Y_H = 0,00224 (BA/PI)^{1,4462}$$

$$D_H = 1,57 Y_{HI}$$

$$Y_{Hi} = H + B \log (i)$$

- donde:  $Y_H$  = aumento del primer año  
 $BA$  = porcentaje de área basal cortada  
 $PI$  = insolación anual potencial (langleys x  $10^{-6}$ ) para cuencas, calculadas por el método de Lee (1963) y Swift (1976)  
 $D_H$  = duración del aumento del rendimiento  
 $Y_{Hi}$  = aumento del rendimiento hídrico para el año  $i$ , después de la corta  
 $b$  = coeficiente resultante de resolver la ecuación cuando  $i = D_H$  y  $Y_{Hi} = 0$

Aumento de rendimientos hídricos para rodales de Coníferas ( $Y_C$ ):

$$Y_C = Y_H + (I_C - I_H)$$

$$D_C = 12$$

$$Y_{Ci} = Y_C + b \log (i)$$

- donde:  $(I_C - I_H)$  = diferencia de interceptación entre coníferas y latifoliadas  
 $D_C$  = duración del aumento de rendimiento  
 $Y_{Ci}$  = aumento de los rendimientos hídricos para el año  $i$ , después de la corta

Las otras variables se definen como anteriormente.

Harr (1983) ha desarrollado relaciones regionales para rodales de abete Douglas en el noroeste del Pacífico (U.S.), Troendle (1983) para los bosques de las Montañas Rocallosas (U.S.), Verry (1976) rodales mixtos de coníferas y latifoliadas en el Upper Midwest (U.S.), y Hibbert (1983) las praderas semiáridas del oeste de Estados Unidos. La ausencia de cuencas experimentales controladas en la mayoría de los trópicos no ha permitido desarrollar este tipo de relaciones.

#### 4.2.1.2 Enfoque del balance hídrico

El rendimiento hídrico de cuencas con suelos profundos y elevadas capacidades de infiltración pueden ser estimadas con un enfoque de presupuesto hídrico, como el del US Servicios de Conservación de Suelos (USDA, 1972). Las características del almacenamiento de la humedad por el suelo gobiernan las relaciones entre la precipitación y el rendimiento hídrico. Los valores mensuales para la precipitación y potenciales de evapotranspiración (ETP) es la única información requerida. Las características de almacenamiento de humedad por parte del suelo pueden estimarse de las propiedades de la textura del suelo y por la efectiva profundidad de las raíces de la vegetación. El Cuadro 4.2 ilustra tal procedimiento de balance hídrico en el cual para Tailandia, la humedad del suelo disponible para una cuenca forestada se consideró ser de 192 mm (profundidad efectiva radicular 1,20 m x 160 mm/m de agua disponible para las plantas).

Cuadro 4.2 Ejercicio de balance hídrico para una cuenca con cobertura forestal, cerca de Chaing, Mail, Tailandia

	Año 1				
	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB
	..... mm .....				
1. Precipitación media <sup>a</sup>	130	46	10	5	10
2. Humedad inicial del suelo <sup>b</sup>	192	192	131	39	0
3. Humedad total disponible	322	238	141	44	10
4. ET potencial <sup>c</sup>	114	107	102	99	85
5. ET actual <sup>d</sup>	114	107	102	44	10
6. Humedad disponible remanente	208	131	39	0	0
7. Humedad final en el suelo <sup>e</sup>	192	131	39	0	0
8. Escurrimiento <sup>f</sup>	16	0	0	0	0

a Promedio sobre la cuenca para cada mes registrado

b Al principio de cada mes. Igual que "humedad final del suelo" del mes previo

c Valores previos de evapotranspiración (ET) para el mes, por estimación según el método Thornthwaite

d Humedad total disponible, ó ET potencial cual fuere el menor

e Al fin de mes. Igual que "humedad del suelo inicial" para el mes siguiente. Este valor no puede ser más grande de la capacidad de retención de agua en el suelo determinado por la cuenca, que en esta cuenca es de 192 mm; la profundidad efectiva radicular - 1,2 m x 160 mm/m de agua disponible (capacidad del campo - punto de marchitamiento permanente)

f El escurrimiento tiene lugar cuando la humedad disponible remanente excede la capacidad de retención de agua para la cuenca (192 mm).

Los cambios de rendimientos hídricos vinculados con cambios en los tipos de cobertura vegetal se determinan usando diferentes profundidades efectivas radiculares y las mismas relaciones de humedad del suelo. Por ejemplo, la conversión del bosque en tierra de cultivo puede reducir la profundidad efectiva radicular de 1,20 m a 0,80 m. La correspondiente agua del suelo disponible para los cultivos por lo tanto se reducirá de 192 mm a 128 mm (0,8 m x 160 mm/m). Los cambios supuestos en rendimientos de agua podrían entonces ser estimados haciendo el cálculo de presupuesto hídrico pero empleando un almacenamiento máximo de agua de suelos de 128 mm en lugar de 192 mm.

El método básico puede ser modificado al criterio del empleador y a medida que se dispone de información más detallada. Por ejemplo, la resolución puede ser reducida de una contabilidad mensual a diaria. En el caso que las relaciones estacionales de evapotranspiración (ET) son conocidas para los tipos de vegetación estudiados, la relación puede ser modificada en forma correspondiente. Edwards y Blackie (1981) indicaron varias relaciones ET/ETP para diferentes sistemas planta-suelo en Africa Oriental; estas relaciones podrían usarse en esa región para mejorar los cambios estimados de ET; podrían usarse funciones como las siguientes:

$$ET = ETP \times f (AD/CAD)$$

donde:

AD = agua disponible en el suelo (mm)

CAD = capacidad de agua disponible para el suelo (mm)

Los términos AD y CAD de la ecuación precedente corresponden a las profundidades efectivas radiculares de los respectivos tipos de vegetación. Se presupone que se conoce la reacción de la transpiración a las condiciones del suelo; el  $f (AD/CAD)$  representaría un valor inferior a 1,0 para las condiciones de suelos secos. Típicamente  $f (AD/CAD)$  variará desde 0,0 cerca del punto de marchitamiento permanente aumentando hasta 1,0 a medida que se acerca a la capacidad de humedad del suelo en el terreno.

#### 4.2.1.3 Modelo de simulación con ordenadores

Modelos de computación para la simulación hidrológica incluyen en un extremo relaciones empíricas simplificadas, y en el otro extremo modelos detallados orientados al proceso. Los modelos pueden contener derivaciones o elementos de los métodos previamente discutidos. Pueden tomarse en cuenta relaciones más intrincadas y complejas y pueden desarrollarse análisis de sensibilidad allí donde los datos o las presunciones sean débiles. Para una discusión detallada sobre los modelos y ordenadores hidrológicos, el lector puede referirse a Haan et. al. (1982) y al USDA Forest Service (1980).

#### 4.2.2 Consideraciones aguas arriba-aguas abajo

Un creciente rendimiento hídrico de las cuencas superiores no produce obligatoriamente un aumento significativo de rendimiento de agua aguas abajo en los sitios de las represas o en lugares donde el agua se extrae del canal. A medida que aumentan las distancias entre las cuencas tratadas y las represas colectoras, aumentan también las oportunidades para las pérdidas de agua. La vegetación riparia o freatófica a lo largo de los cursos de agua puede producir grandes pérdidas de agua por transpiración. De la misma manera, las pérdidas por transmisión (pérdidas por rajaduras) dentro del canal pueden superar cualquier aumento de rendimiento hídrico de las áreas superiores, particularmente en el caso de los cursos efímeros.

Las pérdidas de transmisión pueden estimarse por (1) estimando la conductividad hidráulica del material del lecho de las corrientes, (2) aplicando la conductividad hidráulica a la superficie total que resulta mojada por la corriente, y (3) aplicando lo anterior durante el tiempo que dura la corriente. Materiales de cama constituidos por rodados limpios y arena burda pueden tener conductividades hidráulicas superiores a 127 mm/hora. En el otro extremo materiales consolidados de los lechos con un alto contenido lodo arcilloso, pueden tener conductividades hidráulicas de 0,03 mm/hora. Para canales en el suroeste de los Estados Unidos (Lane, 1983), se han indicado pérdidas de transmisión de hasta 62 060 m<sup>3</sup>/km.



Los esquemas de mejoramiento del rendimiento del agua deberían tomar en cuenta también las pérdidas de evaporación de la laguna de la represa. En las regiones más áridas, la evaporación en las represas puede representar un gran porcentaje de la corriente anual local. Todd (1970) indica evaporaciones anuales lagunales en los Estados Unidos con variaciones desde 405 mm/año en Maine hasta 2 500 mm/año para Arizona. La relación entre los aumentos crecientes en almacenaje y los correspondientes aumentos en el área de la pileta de la represa determinan, en gran parte, si el aumento de agua en la represa será disponible para los usos ulteriores.

Para estimar la evaporación de la laguna se dispone de varios métodos. Uno de los más simples y más ampliamente usados es el método del cuenco de evaporación. La evaporación lagunal puede estimarse multiplicando la evaporación del cuenco ( $E_p$ ) con un coeficiente de cuenco ( $K_p$ ). Los valores de  $K_p$  varían comúnmente entre 0,5 hasta 0,85, pero el promedio frecuentemente sobre una base anual es de 0,7.

Una vez que se han estimado las pérdidas por evaporación o percolación, podrá obtenerse el rendimiento hídrico neto en las localidades que interesan. El rendimiento hídrico neto con o sin prácticas de cuenca puede entonces ser examinado a lo largo del tiempo, preferentemente empleando registros históricos que representen períodos de escasez hídrica o sequía. Es durante tales períodos que la disponibilidad de agua adicional representa el beneficio máximo en términos de disponibilidades para riego, para usos municipales e industriales (M&I), producción de pesca, generación de energía y navegación.

Los cambios en el abastecimiento de agua deben relacionarse en este punto a las salidas cuyos valores pueden ser determinados. La pérdida de generación hidroenergética, la navegación, las disponibilidades M&I, la producción pesquera, pueden tener costos directos e indirectos asociados. La pérdida de capacidad de irrigación deberá ser traducida en pérdidas de cosecha.

#### 4.3 Aluviones e inundaciones

La inundación representa una pérdida económica grave para las comunidades aguas abajo y puede ser afectada por la deforestación y por la degradación de la cuenca superior. Es aún discutible la importancia que la cobertura del suelo y sus condiciones en la cuenca afecten la inundación. La falta de una clara definición de términos y de relaciones entre causa y efectos ha generado muchas confusiones. Como lo indicara Hewlett (1982) las actividades de ordenación forestal en los Estados Unidos no lleva a mayores corrientes inundantes en los ríos principales. La mayor parte de la investigación ha mostrado que la tala rasa forestal seguida por la regeneración tiene un efecto de corta duración sobre los volúmenes y picos de los aluviones, y este efecto resulta menos evidente a medida que aumenta la magnitud de la precipitación. En breve la tala rasa comercial puede aumentar la descarga de punta y los volúmenes en los casos de tormenta con moderadas cantidades de agua de precipitación, pero tiene efectos menores sobre las inundaciones principales, por ejemplo, aquéllos asociados a un intervalo recurrente de cinco años o más. Así mismo la magnitud del efecto de la creciente disminuye aguas abajo o cuanto más lejos se vaya del área afectada; el efecto puede ser insignificante en las porciones inferiores de una cuenca de grandes ríos.

Una conversión más generalizada y más permanente de una cobertura forestal a tierras agrícolas o de pastoreo, especialmente si acompañada de erosiones graves, puede tener implicaciones más serias de las que insinúa Hewlett (1982). Por ejemplo, la amplia conversión de la cobertura forestal a pastizales con excesivo pastoreo o a tierras cultivadas sin terrazas, especialmente en tierras altas abruptas, puede tener por consecuencia: (1) un mayor escurrimiento superficial y mayores picos en las crecientes, (2) mayores volúmenes de escurrimiento, y (3) sedimentación de los canales y en consecuencia, una reducción de la capacidad del canal de transferir escurrimientos. Si ocurren las tres situaciones, la altura (o nivel) del agua de los canales tendrá la tendencia a ser mayor en los casos de cuencas denudadas que en los casos de cuencas forestadas en las situaciones de moderadas crecientes. A medida que los canales se llenan de sedimentos, aumentará la frecuencia con la que las crecientes rebasarán las barrancas. Este tipo de creciente puede o no generar daños serios, dependiendo del desarrollo y de la ocupación de la llanura inundada por parte del hombre. Además, deberá recordarse que es de fundamental importancia la intensidad y duración de la lluvia. Si cae más lluvia de la que

puede ser acomodada por la capacidad del suelo de almacenamiento de humedad, todo el excedente de agua se escurrirá fuera de la cuenca independientemente de la cobertura. Las tormentas que tienen lugar como término medio una vez cada cien años o más (probabilidad de ocurrencia = 0,01), irán a producir condiciones de inundación independientemente si la tierra está cubierta por árboles, pastos o cultivos. Nunca será demasiado subrayar la importancia de la ordenación de inundaciones de llanuras o de procedimientos para "evitar la inundación".

El desarrollo de relaciones técnicas necesarias para evaluar los daños de la inundación con o sin proyectos de ordenación de cuencas exige un estudio hidrológico detallado de las cuencas superiores y de los llanos inundables aguas abajo. Los cambios en la curva de frecuencia de inundaciones debidas a las actividades del proyecto deben ser primeramente determinadas y luego estos cambios tendrán que ser equiparados a los cambios en los daños por inundaciones anuales. Petak y Atkisson (1982) indican un procedimiento general para evaluar los riesgos por inundación.

En la Figura 4.2 se ilustra un ejemplo de cambios en la curva de frecuencia que puede esperarse en la cuenca superior (cursos de agua de primer a tercer orden), con motivo de las talas rasas de bosque. La línea gruesa asociada con una cuenca forestada al cien por cien es la relación acumulativa entre cuenca entre el pico anual de descarga y las probabilidades correspondientes de ser igualadas o superadas. Por ejemplo, la probabilidad de igualar o superar las descargas de pico anual de 4,0 y 1,2 m<sup>3</sup>/segundo, son respectivamente 0.05 y 0,50. En este ejemplo la tala rasa al cien por ciento no afectará la descarga (4,0 m<sup>3</sup>/segundo) asociada con la probabilidad 0,05, pero la creciente media anual (con probabilidad 0,05) aumentará desde cerca de 1,2 a 2,3 m<sup>3</sup>/segundo. Por lo general, efectos limitados pueden esperarse para casos de crecientes mayores asociadas con probabilidades de 0,02 a 0,01 o menos.

Los proyectos destinados a reducir los daños por inundación en las áreas aguas abajo exigen normalmente una combinación de medidas estructurales y sobre la vegetación. Por supuesto, una atractiva alternativa a los proyectos en gran escala para reducir inundaciones es el desarrollo de la ordenación de la llanura inundable con la zonificación apropiada de áreas con riesgo. En algunos casos, los beneficios derivados de la mayor productividad agrícola en las áreas de los llanos inundables pueden superar los costos de tales proyectos (Encuadre 4.2)

En el Encuadre 4.3 se indica un camino para estimar los efectos de los disturbios en las tierras superiores sobre las inundaciones aguas abajo.

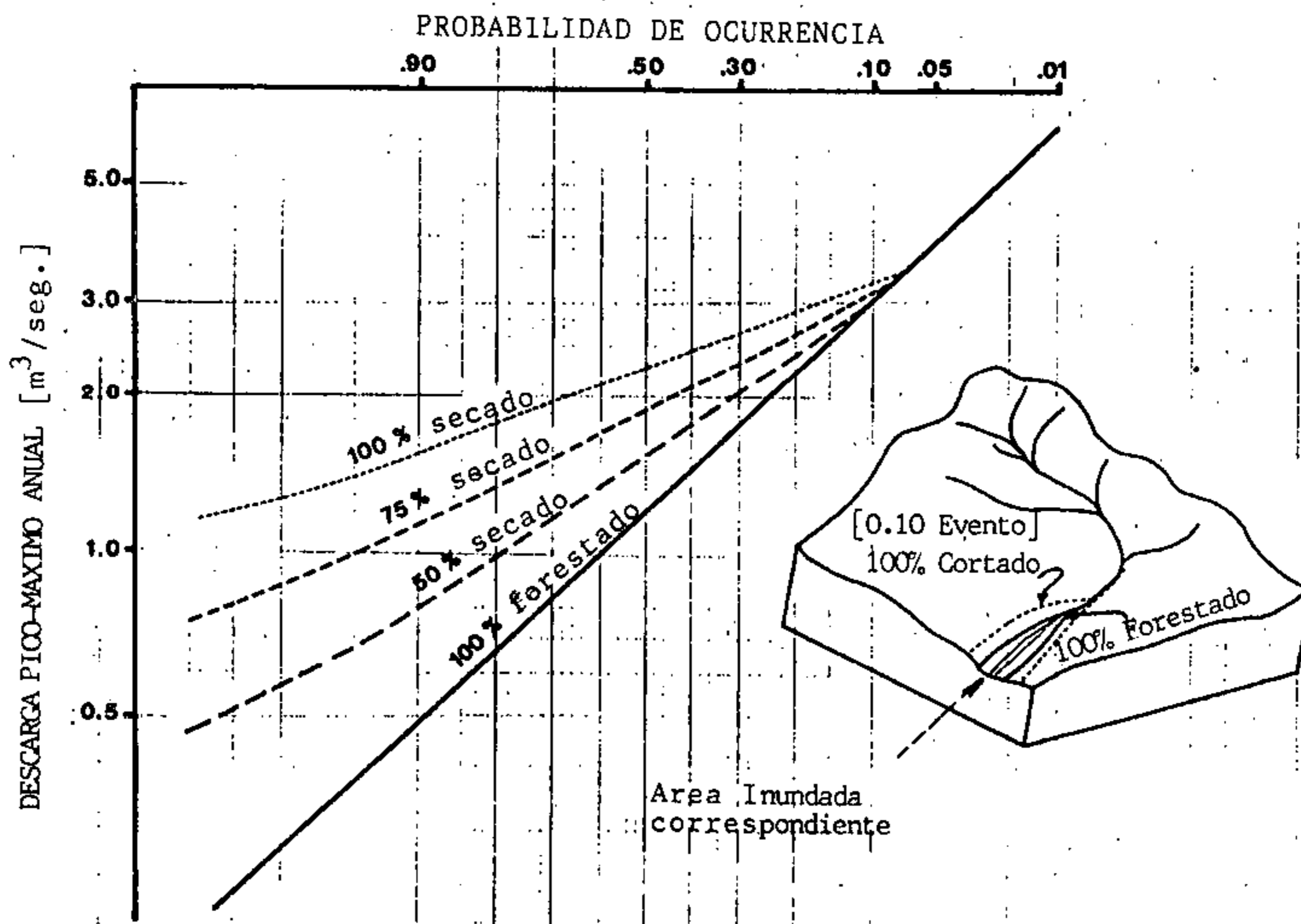


Figura 4.2 Efecto de la remoción del bosque sobre la curva de frecuencia anual de descarga pico y fases asociadas para una determinada cuenca

Encuadre 4.2 Estimación de los beneficios por protección de inundaciones

Es el caso de una cuenca seleccionada para ser tratada, en un área de cultivo de tabaco en las llanuras litorales de la Carolina del Norte, USA. El tabaco es el productor principal de ingreso pero el maíz, algodón, soja, granos finos y la ganadería contribuyen también a la economía del área. El 81% de las fincas tienen tierras en los llanos inundables de la cuenca. Los ingresos de estas tierras de llanura son bajos debido a las frecuentes inundaciones. Debido a los daños por el agua de inundación y por los sedimentos, solamente el 35% de la llanura inundable está bajo cultivos y con pastos mejorados. Los daños por empantanamiento causados por la inundación afectan alrededor de 1 475 acres, siendo responsable de que 500 acres queden sin uso mientras que 975 acres se adaptan solamente para heno y pastaje. El daño por empantanamiento aumenta a razón de alrededor de 10 acres por año, por cuyo motivo más tierra deja de tener uso intensivo. Aparte de los daños por agua de inundación, el daño por la sedimentación en los cultivos existentes y en las huertas mejoradas es también de tamaños notables; depósitos estériles tienen lugar anualmente sobre alrededor de 286 acres, así reduciendo la producción de alrededor del 20% en las áreas dañadas. En el Cuadro 4.3 se describe el uso actual de la tierra en la llanura inundada.

Cuadro 4.3 Condiciones actuales y futuras (con un proyecto de control de inundaciones en Carolina del Norte, USA)

Uso de la tierra	Condiciones actuales			Condiciones futuras con el proyecto		
	Acres	Rend x Acre	Valor Neto	Acres	Rend x Acre	Valor Neto
Maíz	864	54 bu.	30 576	1 102	58 bu.	42 741
Soja	105	23 bu.	2 463	111	53 bu.	2 628
Pastaje no mejor	1 050	4 AUM	14 700	208	4 AUM	2 912
Pastaje mejor	398	6 AUM	8 358	1 240	8 AUM	45 549
Barbecho	151			81		
Matorral	169			38		
Bosque	863			820		
<b>TOTAL</b>	<b>3 600</b>		<b>56 097</b>	<b>3 600</b>		<b>93 830</b>

Cálculos:

Aumento en el valor neto (93 830 - 56 097).....	US\$37 733
Menos costos asociados (drenaje, desarrollo, cercos, etc.).....	14 808
Menos daños de inundación agregada (debido al valor dañable incrementado).....	516
Beneficio total del uso modificado de la tierra.....	22 409
Menos beneficios de restoración acreditable a las medidas de tratamiento de la tierra por protección de cuenca .....	1 791
Beneficios por cambio del uso de la tierra acreditables a las medidas estructurales y a las medidas de tratamiento de la tierra para prevenir las inundaciones.....	US\$20 618

AUM = unidad animal mensual

Un proyecto de ordenación de cuencas con medidas estructurales, medidas de tratamientos de tierras, drenaje y cambios de prácticas en el uso de la tierra ha sido proyectado para reducir la frecuencia de las inundaciones desde 1,8 veces por año a 0,8 veces, y el área media inundada anualmente será disminuida en un 59%. El área promedio dañada anualmente por los depósitos de material estéril durante la inundación disminuirá de 286 a 63 acres, y el ritmo medio anual de aumento de empantanamiento disminuirá de 10 a 3 acres. Los daños por el agua de inundación se reducirán de US\$12 715, o US\$3,01 por acre de llano inundable. El daño por sedimentación se reducirá de US\$4 450, o de US\$1,06 por acre, de tierra inundada.

Una vez que se ha reducido la frecuencia de la inundación, se plantarán cultivos de mayor rendimiento en beneficio dedicándoles prácticas culturales más efectivas. Del total de 4 218 acres de tierras de llanos inundables, 3 600 serán implicados en el cambio de uso.

Aparte de los beneficios que se acumulan en el llano inundable, hay también beneficios indirectos fuera del mismo que incluyen los ahorros en costos tales como la reorientación del tráfico, ayudas, rehabilitación, cuidado y protección de la propiedad. Se estima que el daño indirecto es de 10% de los daños por el agua de inundación, por deposición estéril y beneficios por daños de empantanamiento.

Un menor mantenimiento sobre 18 millas de camino genera un beneficio de US\$320. La producción de 50 acres con medidas de estabilización, se valúan en US\$885 anuales, y se plantaron con árboles 51 acres dando un valor de US\$87 por año. Los beneficios anuales medios totales para el proyecto son de US\$40 791 comparables con US\$14 421 para los costos medios anuales, dando una relación beneficios-costos de 2,8 a 1 (de Freund y Tolley, 1966).

Encuadre 4.3 Procedimientos generales para estimar los efectos de los desequilibrios en tierras altas o prácticas de ordenación de inundaciones aguas abajo y daños asociados

1. Determinar la curva de frecuencia para las localidades que interesan en las condiciones actuales.
  - a. Si se disponen datos de la medición de la corriente de agua, ajustarse a los procedimientos dados por el US Water Resources Council (1976).
  - b. Si no se dispone de datos sobre las corrientes, aplicar el análisis regional de los parámetros de la curva de frecuencia (flujo anual medio -  $m^3/seg/km^2$  - o pendiente de la curva de frecuencia), o aplicar los registros históricos de las lluvias con un modelo hidrológico para generar las corrientes; determinar las curvas de frecuencia a partir de registros simulados de corrientes.
2. Determinar los estiajes (alturas) correspondientes de las corrientes en los canales en las áreas que interesan para el caso con probabilidades de ser de 0,10, 0,20, 0,30, 0,50, etc.; estimar los daños correspondientes (costos) debidos a la inundación.
3. Estimar los cambios en la curva de frecuencia bajo las condiciones de degradación continua (digamos a determinados momentos, 20, 30 años), y bajo condiciones en las cuales se ponen en práctica las prácticas de cuenca y los cambios en el uso de la tierra.
  - a. Seleccionar, convalidar un valor hidrológico que pueda predecir razonablemente los cambios en las corrientes asociadas con los cambios de vegetación y de las prácticas de ordenación.
  - b. Ajustar los parámetros del modelo para que representen condiciones de cuenca proyectada y generen registros de corriente a partir de registros históricos de lluvia (como en 1b); determinar las curvas de frecuencia a partir de registros simulados de corrientes. Deberá desarrollarse un juego de curvas para las condiciones de "sin" el proyecto y de "con" el proyecto. Comparar las curvas con las que se determinaron en el paso 1 para ver si son razonables.
4. Estimar los cambios en la sedimentación en localizaciones que interesan del canal (ver Capítulo 5).
5. Combinar 3b con 4 para estimar los estiajes correspondientes (alturas) de las corrientes para los mismos casos como se determinaron en el punto 2. Determinar los daños asociados con y sin el proyecto para las mismas eventualidades; estos daños tienen una probabilidad asociada con ellas y pueden ser expresadas en términos de daños medios anuales a lo largo de un período específico de tiempo.

#### 4.4 Cambios del agua del suelo/flujo de base

Cierta presión para proyectos de cuencas aguas arriba deriva de los intereses de aguas abajo que tienen que enfrentarse con cantidades inexistentes de agua en los cursos o canales ribereños durante las normales estaciones secas o meses de caudal de estiaje. En ausencia de la lluvia las aguas subterráneas y depositadas en las represas pueden suplementar las disponibilidades. Represas pequeñas en las sierras altas pueden por supuesto satisfacer hasta cierto punto esta función, si se producen descargas durante los períodos de escasez. La construcción de numerosas lagunas en los nacimientos es a menudo no solamente una actividad de conservación y desarrollo hídrico en beneficio de los propietarios de la tierra, sino que en su conjunto pueden contribuir al flujo de base por acuíferos subterráneos y con ellos mantener los flujos en los ríos por más tiempo durante la estación seca. La cuantificación de esta relación es casi imposible, puesto que existen pocos "estudios con y sin" en cuencas bajo observación. Además, deben tomarse en cuenta las pérdidas por evaporación de las lagunas y represas cuando se evalúan los efectos netos para tales almacenajes.

El aumento de la magnitud de los flujos durante los períodos secos produce beneficios adicionales a los estrictamente debidos a la disponibilidad de agua. Los flujos de corrientes limitadas pueden concentrar los factores contaminantes y los arroyos volverse más sensibles a las fluctuaciones de temperatura y otros factores de desequilibrio. En consecuencia, las corrientes bajas pueden colocar a los ecosistemas acuáticos bajo tensiones notables. Debido a las consecuencias de los flujos bajos, las prácticas de ordenación de cuencas pueden tener por objetivo el aumento de los flujos durante los períodos secos, o por lo menos que los flujos no disminuyan ulteriormente.

##### 4.4.1 Efectos de la ordenación de la vegetación

Se insinúa frecuentemente que el cambio de la cobertura vegetal sobre la tierra o de los sistemas de uso de la tierra pueden mejorar los rendimientos hídricos durante el período seco. En especial, se ha ventilado frecuentemente que la aforestación o reforestación producirán más flujos bajos. Sin embargo, los resultados experimentales han indicado justo lo contrario, o sea que los árboles "usan" más agua que otros tipos de cobertura (ver ejemplo de Fiji en pág. 54). La mayor parte de la experiencia experimental en regímenes dominados por las lluvias hacen pensar que la remoción del bosque, o la conversión de plantas que son grandes consumidoras de agua a otras que consumen poco aumenta las corrientes de agua durante el flujo recesivo y a veces en la estación de flujo "seca" (Federer, 1973; Douglass and Swank, 1972; Anderson et. al., 1976; Gilmour et.al., 1982). Condiciones más húmedas del suelo resultantes de una menor transpiración, hacen que el sistema de la cuenca responda más a pequeñas caídas de agua y lleve aparentemente a un período más largo de drenaje de agua del suelo y de corrientes subsuperficiales. Los insumos de lluvias son necesarios, sin embargo, para mantener el flujo; los resultados anteriores no significan que la manipulación de la vegetación puede afectar las graves condiciones de corrientes bajas que se hallan asociadas con las sequías.

En cuencas de tierras de pradera; las prácticas de cuenca que provocan mayores capacidades de infiltración (sin aumentar substancialmente las pérdidas ET) pueden producir un período más largo y una magnitud mayor para los flujos de la estación seca. Se ha indicado que mejorando las condiciones de la pradera con un aumento de las capacidades de infiltración adicionales pueden causar la reactivación de manantiales en las áreas inferiores de las pendientes que anteriormente se hubieran secado por culpa del pastoreo excesivo.

La corriente que puede ser influenciada mucho por el derretimiento de la nieve se caracteriza usualmente por un período más largo de flujos recesivos. Puesto que la cobertura forestal puede ser manipulada para afectar la acumulación de la nieve y su derretimiento (Anderson et. al., 1976), se ha sugerido que las acumulaciones de nieve pueden ser manejadas para realzar los flujos de la estación seca (Kattelmann, et. al., 1983). Un asunto de mayor importancia es el de los beneficios complementarios por tal reacción retardada de las corrientes sobre el funcionamiento de las represas. Como en el caso de las regiones dominadas por las lluvias, los flujos crecientes y retardados provocados por la manipulación de la vegetación ocurrirán durante los períodos relativamente cortos de tiempo y no afectarían las corrientes durante sequías largas.

La vegetación que se presenta a lo largo de los canales hídricos y la vegetación de raíces profundas sobre llanos inundables, llamados respectivamente comunidades riparias y freatófitas, consumen grandes cantidades de agua. El consumo anual de tales comunidades vegetales representa pérdidas significativas de aguas subsuperficiales disponibles, inclusive horizontes acuíferos (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Estimaciones anuales de evapotranspiración para freatófitas

Especies	Localidad	Profundidad de la napa de agua	Evapo-transpiración anual	Referencias
		(m)	(m)	
<u>Tamarix</u> spp. (Salt Cedar)	Arizona	1,5 2,1 2,7	2,2 1,5 1,0	Van Hylckana (1970) "
<u>Prosopis</u> spp. (Mesquite)	Arizona	—	0,3 - 0,5	Horton y Campbell (1974)
<u>Populus</u> spp. (Cottonwood)	Arizona	—	1,1	"

La remoción de la vegetación freatófita y riparia en áreas con escasa agua, como en el suroeste de Estados Unidos, puede producir directas economías de aguas subterráneas. La eliminación del álamo a lo largo de un canal pluvial en el noroeste de Arizona recuperó alrededor de 500 cm de agua sobre 8,9 ha (Bowie y Kam, 1968, como refiere Horton y Campbell, 1974). Pueden esperarse ahorros aún mayores de aguas subterráneas de los rodales densos de Tamarix spp. ("Salt Cedar"). Dichas comunidades vegetales pueden representar habitat muy valiosos para la vida silvestre y su valor para la estabilización de las barrancas de río y la protección de los ecosistemas acuáticos puede superar los beneficios que derivan de la economía de agua.

#### 4.4.2 Salinización

En las áreas donde hay problemas potenciales de salinización del suelo, los planes de cuencas pueden muy bien requerir que se conserven los bosques. Para varias partes de Australia se ha ilustrado bien cuales pueden ser los costos por no realizarlo. A continuación de la remoción forestal para la agricultura, las napas de agua han subido por el reemplazo de arboles de raíces profundas con uso más intenso de agua por cultivo de raíces superficiales con menor uso de agua. Ello ha provocado la subida de sales del subsuelo a la superficie, y en algunos casos, el efecto salino ha sido movilizado al pie de pendiente por el agua de escurrimiento dañando a otras áreas y aumentando la salinidad de la corriente (El-Swaify et. al., 1982). En estos casos las consecuencias pueden ser un desvío hacia cultivos que sean tolerantes a las sales y corrientemente de menor valor, o en los casos extremos al abandono de las áreas saladas por parte de la agricultura. A este costo puede asignarse un valor monetario. Allí donde las condiciones ya han tenido lugar, como sobre extensas superficies del norte de Victoria, Australia, el problema podría reducirse con la reforestación en superficies claves de reemplazo.

#### 4.5 Calidad del agua

Otro beneficio que se atribuye a las prácticas adecuadas de ordenación de cuencas es el mantenimiento de agua de alta calidad para las comunidades de aguas abajo. El agua de gran calidad se asocia generalmente a cuencas forestadas que son bien ordenadas, que tienen una población humana dispersa, pocos animales bajo pastoreo, y una mínima erosión del suelo. El uso incorrecto de las cuencas puede llevar a crear reservas de agua potable contaminada, producción reducida de pesca, limitadas oportunidades recreativas dependientes de agua y efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos (Figura 4.3).

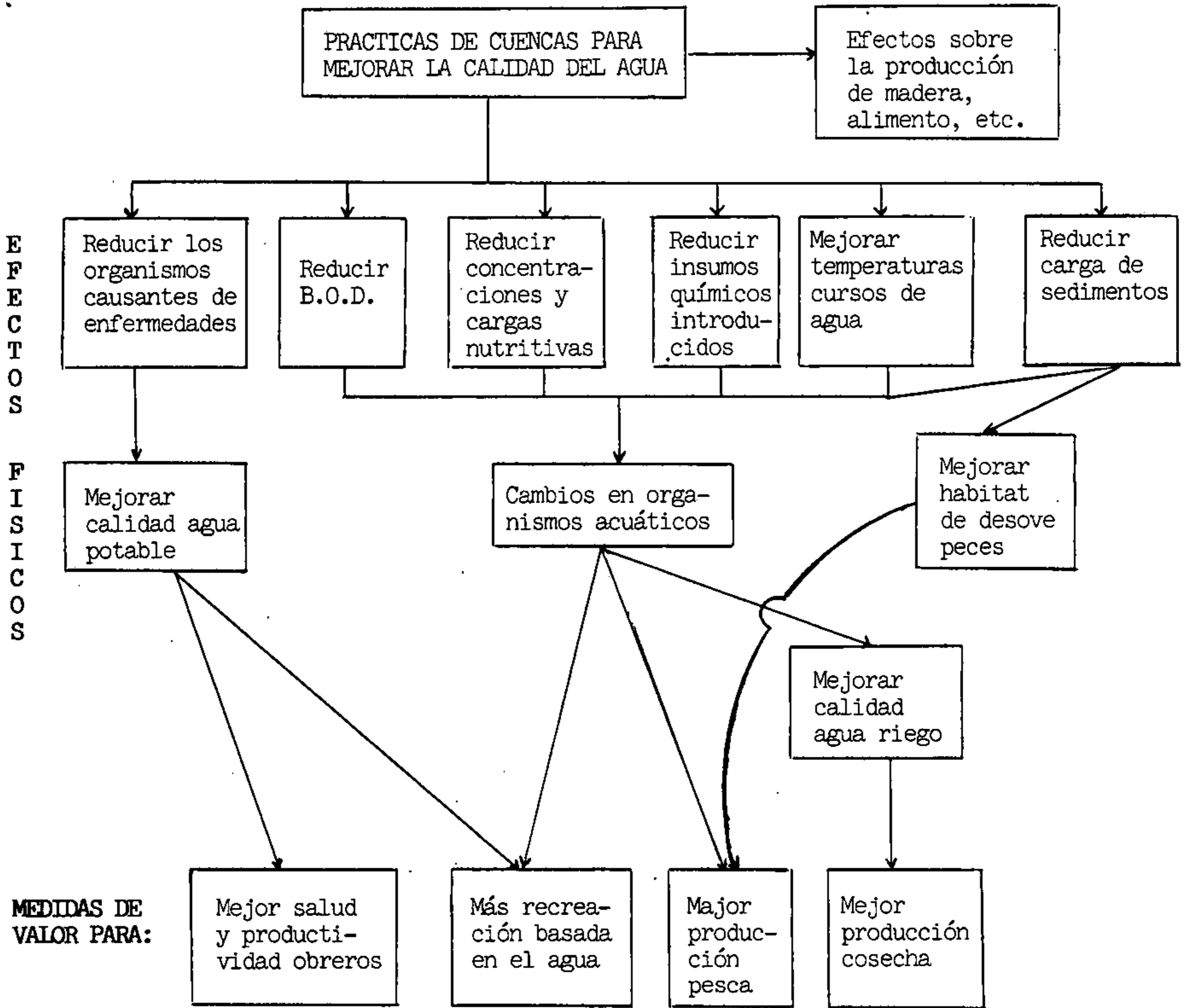


Figura 4.3 Efectos físicos y mediciones de beneficios por mejoramiento de la calidad del agua; las salidas son las de "con" el proyecto comparadas con "sin" el proyecto.

Es difícil relacionar las actividades de ordenación en las tierras altas con la calidad hídrica aguas abajo, y es a menudo obstaculizada por la pobreza de datos e insuficientes conocimientos de las relaciones funcionales. En algunos casos, las relaciones son directas; el agregado de demasiado sedimento en los lechos de los ríos de canto rodado para la cría (desove) de salmón o trucha puede reducir la producción pesquera. En forma parecida, la mayor turbidez y sedimentación en las represas puede tener un impacto inverso sobre la producción istícola (ver Encuadre 4.4). En otros casos, los efectos de las prácticas tierras arriba pueden ser más indirectos (ver Encuadre 4.5).



Encuadre 4.4 Evaluar los recursos de pesca en la ordenación de cuencas.  
Cuenca del Río Nam Pong, Tailandia

El Proyecto de Desarrollo de Recursos Hídricos Nam Pong, iniciados en 1976 con la construcción de una gran represa, tenía tres finalidades principales: Generar energía eléctrica, dar agua para la irrigación y aliviar las inundaciones aguas abajo del dique. Inesperadamente, la Represa de Nam Pong se ha convertido en una pesca productiva con rendimientos medios anuales de una pesca aproximada de 2 000 toneladas, con un valor de más de US\$700 000. El detalle de los beneficios medios anuales del proyecto en su desarrollo pleno son los siguientes:

Energía eléctrica	23%
Riego	54%
Reducción daños inundación	10%
Pesca en la Represa	13%
	<hr/>
BENEFICIOS TOTALES	100%

Después de la finalización de la represa el área de la cuenca arriba del dique ha sufrido un rápido crecimiento de la población, provocando un veloz agotamiento de los bosques y degradación del suelo. La deposición de sedimentos en la represa ha aumentado desde 950 000 ton/año (1965) hasta 2 000 000 ton/año (1975), con consecuentes mayores niveles de turbidez. Durante este período el volumen de pesca anual no disminuyó en forma significativa pero la imposibilidad de controlar las talas rasas en la cuenca y el mayor número de pescadores ha llevado a la caída de la productividad. Si esta tendencia continúa, los retornos económicos para el pescador en el 1990 serán solamente del 25% de los de 1969. Las prácticas de ordenación de cuencas que deberían reducir los influjos de sedimentos en la represa a un costo de 37 millones de Baht <sup>1/</sup> para los primeros 10 años y de 15 millones de Baht para los restantes 40 años, se justificarían en términos de los beneficios de la Represa Nam Pong (beneficios totales anuales = 300 millones de Baht). El plan de ordenación cambiaría las prácticas de uso de la tierra y revertiría los ritmos de erosión que de otro modo escalarían desde un promedio de 44 ton/ha a 80 ton/ha en 10 años, a un promedio inferior de 30 ton/ha para la vida del proyecto. Otra componente importante del plan es la protección de la productividad istícola de la represa regulando las prácticas de pesca (de Johnson III, S.H. y S. Kolavalli, 1984 y Hufschmidt, M., 1984).

<sup>1/</sup> En 1969, la tasa de cambio era de aproximadamente US\$1 = 20 Baht.

Encuadre 4.5 Ejemplo hipotético enfocando la función de la producción para cuantificar los cambios en la calidad del agua

El nivel de exportación de sustancias nutritivas (X en Kg/año) desde la cuenca superior puede ponerse en relación con la producción pesquera (Y en Kg/año) de una represa aguas abajo (ver Figura 3.4). El estado inicial de la represa determina los efectos de los crecientes niveles de carga nutritiva. Si la represa es pobre en sustancias nutritivas (punto  $X_A$ ) una mayor carga nutritiva puede aumentar la producción de pesca (pasando del punto A al B). Eventualmente, un insumo adicional nutritivo superior al ( $X_B$ ) reducirá la producción de pesca. Si se permite que la carga nutritiva continúe acumulándose puede alcanzarse un punto ( $X_C$ ) donde se producen efectos irreversibles; la represa es tan eutrófica que el pez ya no puede existir y el sistema no se puede recuperar sin invertir en grandes obras de rehabilitación. Para evaluar los efectos de un proyecto en este ejemplo, deberían conocerse los efectos de la exportación nutritiva, así como el estado actual de la represa.

Los impactos de la contaminación pueden cuantificarse a veces en términos de costos asociados con el tratamiento del agua para hacerla usable. Ello es particularmente real para las disponibilidades de agua municipal/industrial y en algunos casos para el riego. Como se ha dicho previamente el aumento de los rendimientos en agua no tendría los mismos beneficios económicos si el agua no puede ser utilizada para ciertos usos (o si tiene que ser tratada antes).

Los beneficios sanitarios de la producción de agua de alta calidad son de máxima importancia, pero a su vez no son de fácil cuantificación. La productividad mejorada para una población sana rinde beneficios sociales y beneficios económicos en términos de salidas, si bien las últimas son difícilmente cuantificables.

CAPITULO 5

CUANTIFICACION DE LOS BENEFICIOS DE LAS PRACTICAS DE ESTABILIZACION DEL SUELO

5.1 Introducción

La mayor parte de las prácticas de ordenación de cuencas están orientadas a estabilizar el suelo. La protección contra o la reducción de la erosión superficial del suelo, la erosión de cárcavas y movimiento de masivos del suelo deben ser todos considerados dentro de los objetivos de estabilización del suelo. De la misma manera, todos tienen que ser evaluados en términos de productividad aguas arriba y de impactos de sedimentación aguas abajo a los fines de la estimación económica (Figura 5.1).

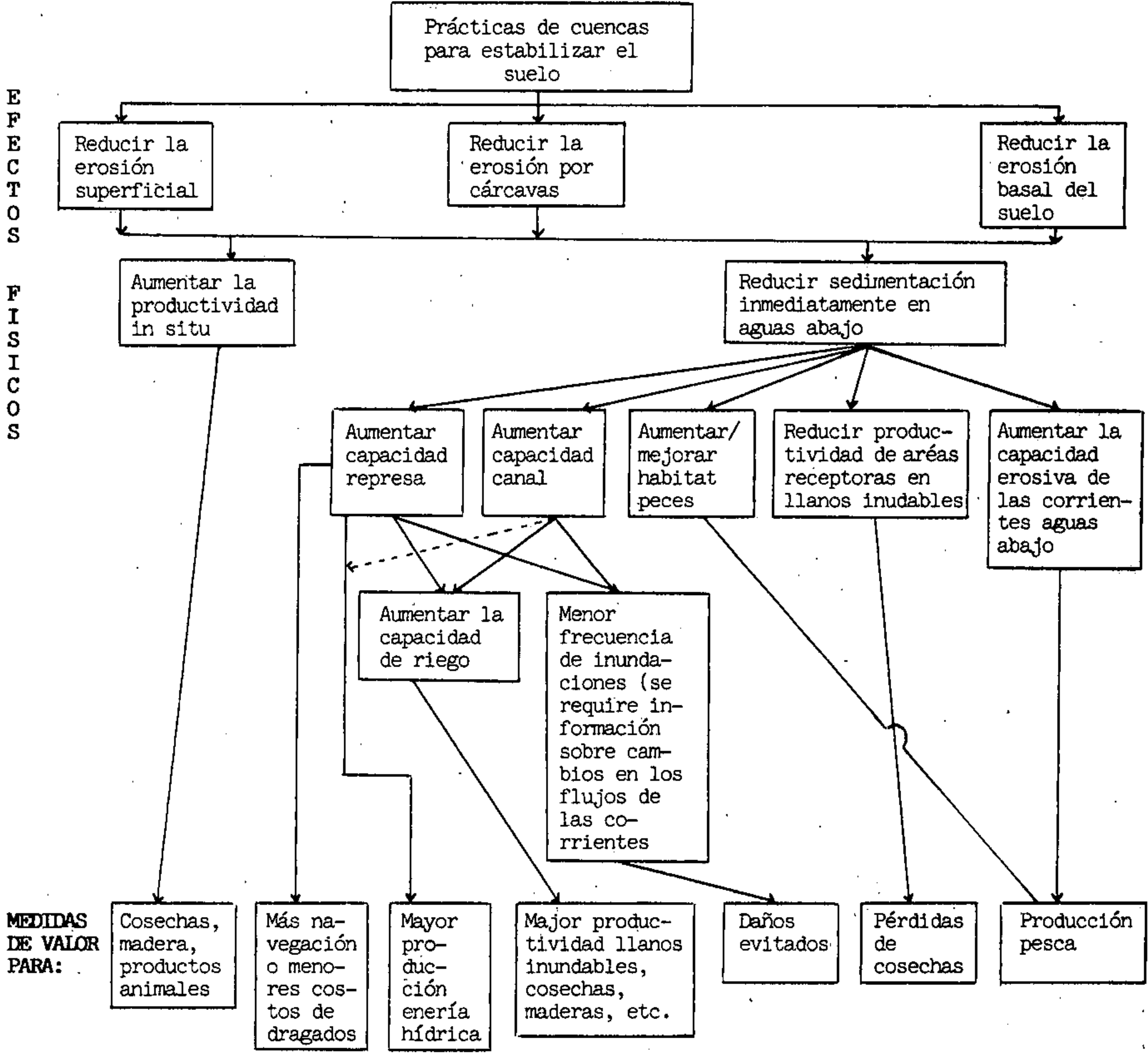


Figura 5.1 Efectos físicos y medidas de los beneficios por prácticas de estabilización del suelo; las salidas son las de "con" el proyecto comparadas con el "sin" el proyecto.

Este capítulo discute la metodología y da algunos ejemplos sobre las relaciones técnicas necesarias para vincular las prácticas de estabilización del suelo con los beneficios del lugar y de aguas abajo.

## 5.2 Combinación de prácticas apropiadas al problema

Los esfuerzos de estabilización de suelo se encaran a menudo para proteger o extender la vida económica de las represas aguas abajo o de los sistemas de riego. Cuando este sea el caso, debe cuidarse de hacer una identificación temprana de las fuentes del sedimento y de seleccionar y aplicar prácticas que se adecúen (se trata a menudo de una actividad difícil y que toma mucho tiempo). Muy a menudo tales prácticas no se toman en cuenta hasta que no se ha construido la represa o el sistema de irrigación. Para entonces, es frecuentemente demasiado tarde para proteger el proyecto durante la vida económica proyectada.

La identificación de los orígenes del sedimento exige un examen cuidadoso de la cuenca por parte de profesionales experimentados. Deberán determinarse (ver Encuadre 5.1) las contribuciones relativas de los sedimentos aguas abajo de la erosión superficial de las tierras altas, de la erosión de cárcavas, de movimientos masivos de suelo y los originados en los sistemas mismos de los canales. Las áreas que contribuyen con la mayor

### Encuadre 5.1 Sedimentación de la represa

La Represa Kulkhani fue diseñada para proporcionar energía hídrica a la ciudad de Kathmandu, Nepal. La vida útil en el proyecto original para la represa fue de 50 años basada sobre ritmos de sedimentación de la cuenca de 10 T/ha/año. Desde la construcción del dique se han tenido <sup>1/</sup> ritmos de sedimentación de 30 a 40 T/ha/año. Si bien la cuenca superior evidenció fuertes presiones en el uso de la tierra que incluían la eliminación del bosque, pastoreo y cultivo (con terrazas construidas algunas bien y otras incorrectamente), una observación cuidadosa, hecha la sedimentación acelerada de la represa, señala otras causas principales. Primero, el material del suelo usado en la construcción del dique fue sacado de varios pozos perforados aguas arriba de la represa. Las excavaciones están cerca del canal y muy cerca de la represa. Estas áreas parecen sitios para nuevas construcciones que están completamente desvestidas de vegetación y es posible que contribuyan con más de 500 T/ha/año. (McElroy et. al., (1976) indica que los lugares de construcción pueden crear ritmos de erosión de 2 000 veces o más que en los sitios de los bosques naturales). Además, la construcción del camino arriba de la represa ha producido varias roturas en la pendiente con correspondientes grandes volúmenes de sedimento que se han depositado en los canales. La tercera fuente principal de sedimentos es muy posiblemente debido a la pileta fluctuante de la represa misma. Puesto que en el sitio de la represa se han hecho terrazas, la pileta fluctuante ha provocado numerosos desmoronamientos de suelo directamente dentro de la represa. En este caso, las prácticas de cuenca dirigidas a reducir la erosión del suelo superficial en las tierras altas están enfrentando solamente una parte del problema de la sedimentación de la represa. Los efectos de las prácticas de cuenca sobre la productividad de las tierras altas pueden muy bien justificarse desde el punto de vista económico pero, la contribución de sedimentos de tierras altas en la represa por erosión superficial es posiblemente una fracción mínima de los orígenes ya mencionados. Gran parte de la sedimentación acelerada de la represa podría haberse evitado con una mejor planificación y ubicación de las excavaciones y caminos.

<sup>1/</sup> Basado sobre comunicaciones personales con gente implicada en el proyecto.

cantidad de sedimentos al sitio de la represa deberían recibir la máxima prioridad. Dichas áreas están por lo general muy cerca y aguas arriba del sitio de la represa. Por lo general, los orígenes de los sedimentos son:

- (1) Movimientos masivos de suelo directamente dentro de la represa o dentro de los canales inmediatamente aguas arriba de la represa;
- (2) Depósito de sedimentos ya existentes en la red de canales que alimentan la represa;
- (3) Destrucción de barrancas de río y movimientos masivos de suelo o de cárcavas en relación a los caminos construidos en proximidad de los cursos de río; y
- (4) Erosión superficial y cárcavas de tierras altas en la cuenca.

Las eficiencias de las prácticas de estabilización del suelo deberán ser apreciadas en términos de su impacto global sobre la sedimentación (con y sin el proyecto). Debe reconocerse que una cierta cantidad de erosión y sedimentación tendrá lugar independientemente del tipo de uso de tierra que se haga; ello se denomina erosión natural o geológica.

### 5.3 Relaciones erosión del suelo - productividad

Muchas de las prácticas de la ordenación de la vegetación y de conservación del suelo en proyectos de cuencas se ejecutan para reducir o prevenir la aceleración de la erosión del suelo en su sitio. Esta sección tiene en cuenta los efectos locales de tales prácticas sobre la productividad y los métodos para cuantificar dichos efectos.

#### 5.3.1 Consideraciones especiales para las cuencas superiores

Por tradición, las tierras altas de las cuencas han sido usadas por los agricultores de subsistencia y pastoreo, obteniendo de ellas la mayor parte de su alimento, y necesidades de combustible y productos animales. En los sistemas tradicionales, donde la tierra es aún abundante, las pérdidas de productividad por decaimiento nutritivo y por pestes se han encarado con prácticas tales como los cultivos y el pastoreo nómada. Los campesinos indígenas y los pastores comprenden muy bien las señales de una reducción en productividad y sencillamente se trasladan a nuevos sitios o terrenos "recuperados". En la actualidad las presiones demográficas de muchos países en vía de desarrollo originan un uso repetido y excesivo de las cuencas sin suficientes períodos de barbecho. Los repetidos y más frecuentes rozados y ciclos de cultivo en las cuencas forestales tropicales están agotando el capital nutritivo y originando erosión superficial hasta el punto que ahora son necesarias medidas activas de rehabilitación. Además, nuevos inmigrantes están entrando en las tierras altas con prácticas de uso de la tierra que se basan sobre una agricultura sedentaria, de cultivos de mercado y pastoreo no adaptado a los sitios de tierras altas. Los bosques de colina están siendo expuestos a actividades más intensas de extracción y cosecha de leña con práctica de extracción forestal que dañan al suelo. Solamente en casos muy limitados se aplican a las tierras altas prácticas de uso de la tierra estables y de conservación de tierra (por ejemplo, arroz sobre terrazas en Java o Nepal, y sistemas agroforestales indígenas en Filipinas y Costa Rica).

Es necesario tener información sobre las relaciones que permitan estimar los efectos de las varias actividades en el uso de tierra y prácticas de control de erosión sobre la productividad a largo plazo de las cuencas superiores. Por ejemplo, los efectos de la presión creciente por pastoreo (cantidad de animales por superficie sobre la productividad forrajera y por lo tanto, la productividad animal, deberían conocerse para poder evaluar los impactos de la ordenación del pastoreo. Refiriéndonos de nuevo a la Figura 3.4, si se ha partido de la tierra de pastoreo al natural (punto A), los mayores niveles de pastaje podrían llevar a una mayor productividad (hasta un punto B), después de lo cual el nivel de intensidad de pastaje comienza a ser superior a la capacidad de carga de la cuenca. Una ulterior utilización genera erosión del suelo y caída de la productividad hasta que se alcanza, si no se reduce el uso, un punto de irreversibilidad ( $X_C$ ). La situación extrema sería aquella por la que se pierde la totalidad del suelo en dicho sitio. Con el agregado de fertilizantes, resiembra y aplicando prácticas de conservación de suelo, la posición (status) de la productividad eventualmente se desplazará y cambiará la forma y magnitud global de esta relación.

La pérdida del suelo superficial en las tierras agrícolas puede generalmente relacionarse sea con la pérdida de productividad de los cultivos o con los costos de los fertilizantes necesarios para mantener la productividad (Encuadre 5.2). Debe reconocerse también que la pérdida del suelo representa asimismo una pérdida del medio de crecimiento y una pérdida de la capacidad del sitio de retener el agua en el suelo para el crecimiento vegetal.

Encuadre 5.2 Abonos requeridos para compensar las pérdidas de suelo

Yost et. al., (1985) han indicado para un suelo oxisol tropical en Hawai, que era muy grande la inversión requerida para compensar la pérdida de suelo debido a la erosión aplicando fertilizantes y cal. En la Figura 5.2 se indica el rendimiento de maíz en terrenos con tres niveles de pérdida de suelo (no erosionado, pérdida de 10 cm y pérdida de 35 cm de suelo), con tres niveles de aplicaciones de abonos.

Nivel de Fertilizante	N	P	K	Mg	Zn	Mo	Cal (t/ha)
	.....kg/ha.....						
F1	110	50	0	20	5	1	0
F2	220	450	250	100	10	2	3,5

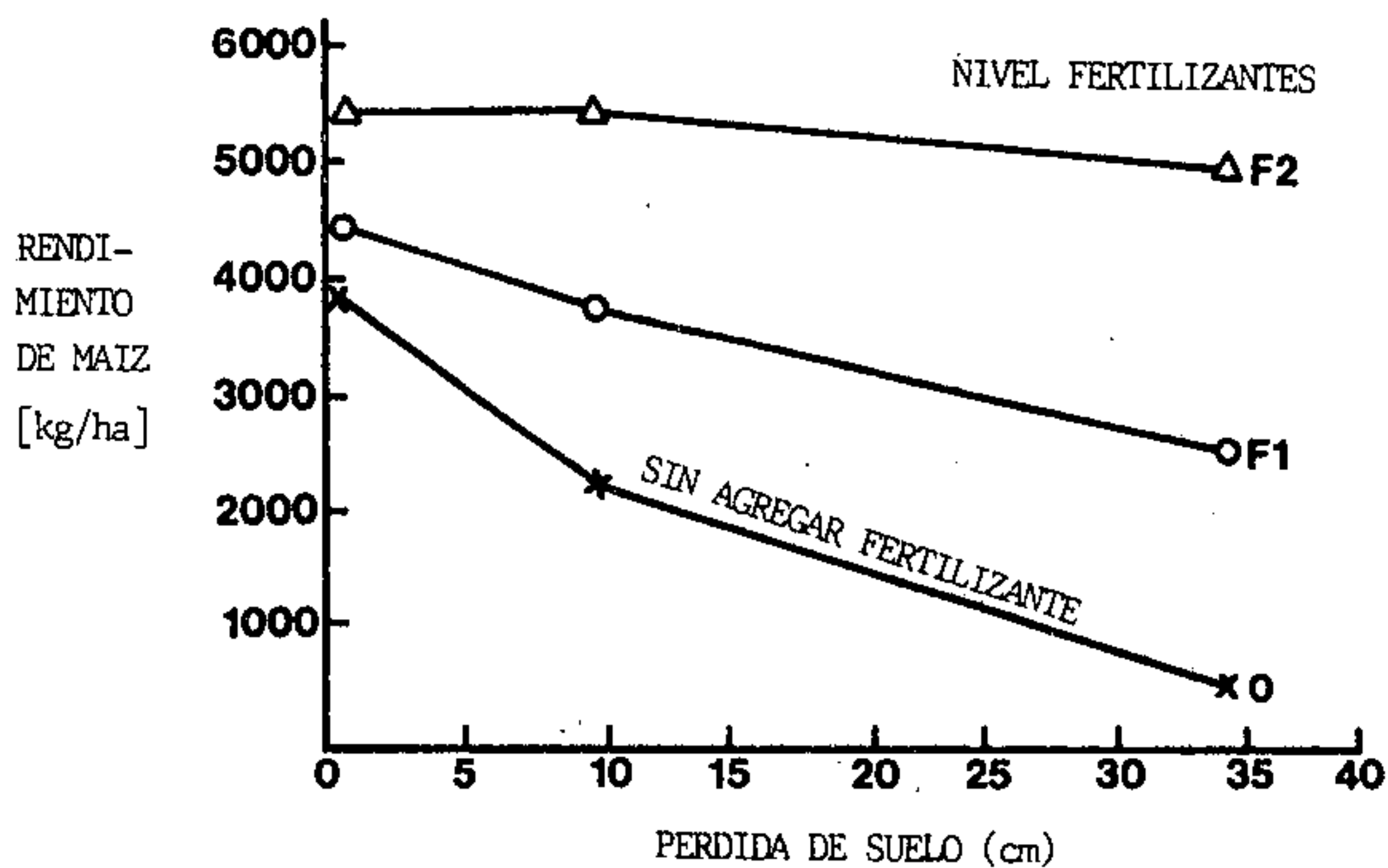


Figura 5.2 Rendimiento de maíz influenciado por un nivel de erosión simulada con fertilización recuperadora

Donde se habían perdido 10 cm de suelo, el nivel de abonos F1 dió rendimientos similares a suelos no erosionados no fertilizados. Grandes aplicaciones de abono (F2) se requieren para compensar las pérdidas de producción por erosión. Dichos niveles de aplicación de abono son caros y no pueden ser siempre considerados como una vía de contraposición a la pérdida de suelos.

En la evaluación de la pérdida del suelo no puede ignorarse la erosión geológica o natural; pueden tolerarse ciertos niveles de erosión sin reducciones apreciables en la productividad (ver Encuadre 5.3). Es difícil evaluar las cuencas de tierras silvestres porque pueden no conocerse los niveles de productividad para diversas condiciones del suelo. Asimismo, la erosión de tierras altas no tiene lugar en manera uniforme y las pérdidas de sustancias nutritivas del suelo pueden ser difícilmente apreciadas.

Encuadre 5.3 Niveles permisibles de pérdidas de suelos

Los niveles de pérdida de suelo que pueden tolerarse sin una apreciable pérdida de productividad dependen del estado actual del suelo y del material madre, del clima, etc. La productividad de los suelos no está relacionada sólo con la fertilidad sino también con el contenido de materia orgánica, la estructura del suelo, y otros factores que afectan el crecimiento radicular vegetal y la cantidad de agua del suelo disponible. Los siguientes son ejemplos de niveles de pérdidas de suelo permisibles:

<u>Condiciones</u>	<u>Niveles de suelo permisibles ton/ha/año</u>
Tierras agrícolas trabajadas (Bennett, 1939)	11,0
Suelos delgados; especies con raíces superficiales (Bennett, 1939)	2,0
Ultisoles, Oxisoles, Lothosoles y Regosoles (Lombardi y Bertoni, 1975)	4,2 a 15

La identificación de los niveles de pérdidas de suelo "permisibles" no debería tomar en consideración solamente las pérdidas y ganancias de las cosechas en tierras altas sino también los efectos sobre la sedimentación en los canales y las represas. Como se hace ver en la Figura 5.1, ello requiere que el análisis no se restrinja a la evaluación de la productividad sobre el lugar, sino que debería continuar también hasta los efectos aguas abajo.

Tejwani y Babu (1982) dan un ejemplo del tipo de información necesaria para estimar correctamente los impactos económicos de la erosión superficial del suelo. En un asentamiento agrícola cerca de Dehra Dun, India, se evaluaron los efectos de la remoción del horizonte superior del suelo sobre los rendimientos del maíz con agua de lluvia. Para cada cm. de suelo superficial removido, la producción de granos de maíz bajó de 100 kg/ha durante el primer año; 52 kg/ha para el segundo, y 51 kg/ha durante el tercero. Puede determinarse rápidamente el valor de la protección contra la erosión del suelo superficial, comparando estos datos con los ritmos de erosión con y sin prácticas de conservación de suelo.

Los efectos de la erosión del suelo sobre la productividad de los suelos de bosques y praderas son mucho menos comprendidos que para los suelos agrícolas. Se dispone de limitada cantidad de información cuantitativa, sin bien Klock (1982) presenta un método de ensayo biológico para evaluar los efectos de la erosión del suelo sobre la productividad de los suelos forestales.

La productividad está ya a un nivel mínimo en muchas cuencas de montaña en los países en desarrollo. En tales casos, la capacidad productiva de los sitios deberá ser estimada para diferentes medidas de rehabilitación y futuras prácticas de uso de la tierra tales como agrosilvicultura y plantaciones forestales para leña. Bajo condiciones de graves degradaciones, puede requerirse un período de protección, o sea, uso restringido ó no uso, hasta que el suelo pueda recuperarse.

La erosión masiva del suelo (corrimientos, deslizamientos de suelo, etc.) y formación de cárcavas origina pérdidas de productividad en tierras altas (Figura 5.3). En tales casos la pérdida de productividad se relaciona con el porcentaje de la cuenca que está bajo cárcava o bajo recientes movimientos masivos de suelo. El nivel de productividad sobre antiguos deslizamientos de suelo (o asimismo de cárcavas) puede no recuperarse hasta los niveles previos a la erosión durante largos períodos de tiempo como se analiza en el Encuadre 5.4.

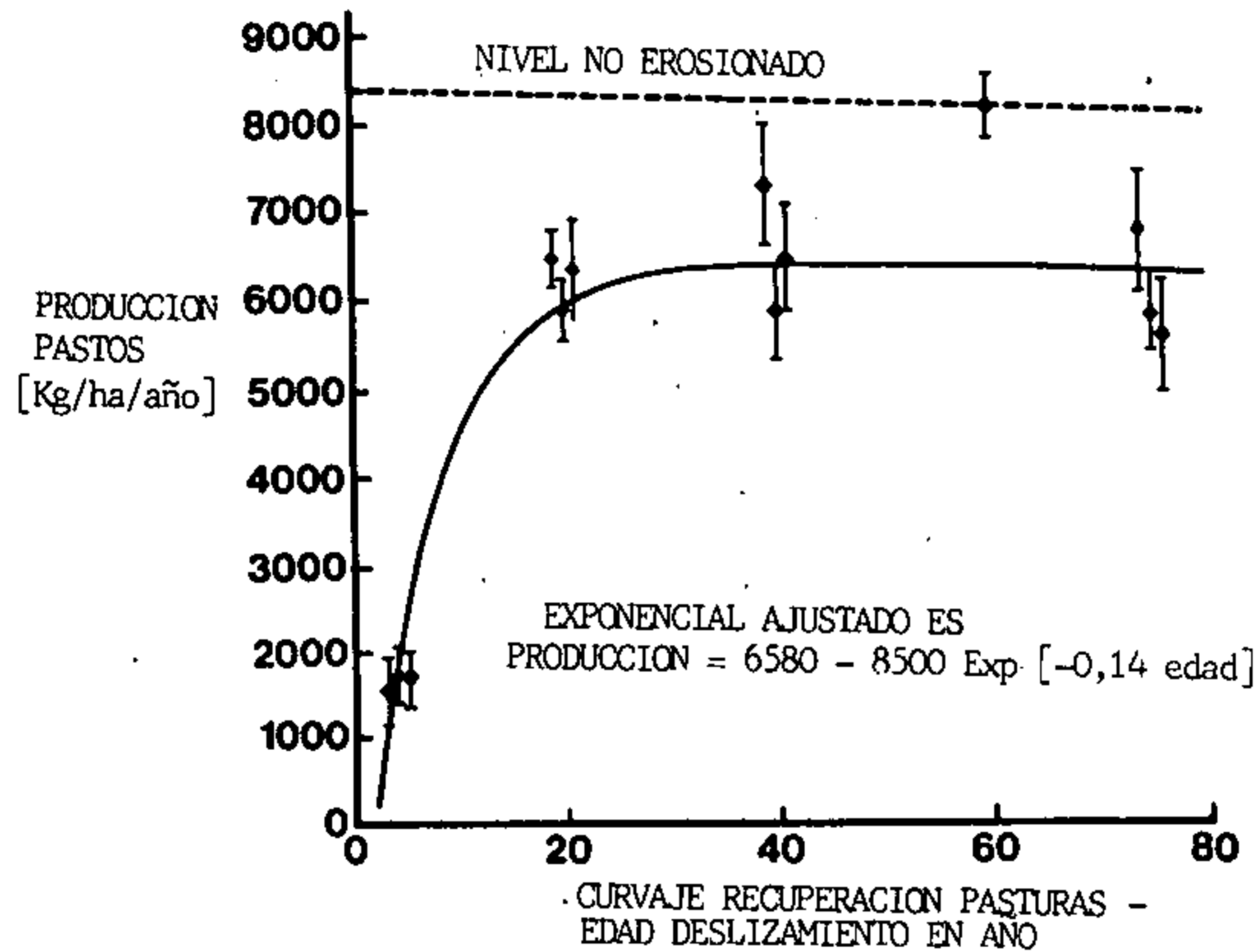


Figura 5.3 Ritmo de recuperación de praderas sobre deslizamientos de diferente edad con relación a la productividad de terrenos no erosionados. Cada punto es el promedio de 56 mediciones tomadas en el año. Las barras verticales representan el error standard de la media (Trustrum et. al., 1984).

#### Encuadre 5.4 Corrimientos de tierras y productividad de pastajes

El impacto de la erosión sobre la productividad de la pradera ha sido cuantificada en áreas de suelos inestables de Nueva Zelanda (Trustrum et. al., 1984). Si bien la producción de pastos se recuperó rápidamente con la fertilización durante los primeros 20 años sobre cicatrices de corrimientos, seguía siendo sin embargo, sólo entre el 70 y el 80% de la producción no erosionada, en kilos por hectárea por año (Figura 5.3). Una vez que el suelo se ha deslizado, estas áreas inestables, antiguamente forestales, pueden no recuperar el mismo valor potencial para producción de pastoreo, aún con altos regímenes de abono. La fertilización y la buena ordenación pueden solamente enmascarar parcialmente la grave pérdida de productividad debida a la erosión. En estas áreas abruptas de suelos inestables (pendientes de 21x - 35x), el 65% del área quedó erosionada. Pendientes susceptibles de esta erosión masiva caracterizan el 55% del territorio pastoral de colina de Islandia del Norte. No es un problema pequeño. Las consecuencias fuera del lugar de estos deslizamientos de suelo en términos de sedimentos, es por supuesto un costo adicional para alguien.



### 5.3.2 Procedimientos para estimar los impactos de la erosión del suelo sobre la productividad

Escapa a los fines de estas pautas la discusión cabal y detallada de los métodos para estimar la erosión superficial del suelo, la erosión de cárcavas, y movimientos masivos del suelo. Esta sección esboza los procedimientos generales y ofrece sugerencias sobre algunas referencias técnicas que puedan usarse para hacer cálculos o para estimar la erosión del suelo y posteriormente relacionarla con la productividad.

Los impactos de la erosión de las tierras altas y las prácticas de control de erosión sobre la productividad pueden estimarse de la siguiente manera:

- (1) Determinar los ritmos actuales de erosión y los ritmos de erosión proyectados con el tiempo si la cuenca continúa a degradarse, para cada uno de:
  - (a) erosión superficial (ver Sección 5.3.3)
  - (b) erosión en cárcavas (ver Sección 5.3.4)
  - (c) movimientos masivos del suelo (ver Sección 5.3.5)
- (2) Relacionar los ritmos actuales y proyectados de erosión según (1) para áreas de la cuenca con diferentes usos de la tierra, por ejemplo, áreas forestadas, praderas, tierra de cultivo, y agroforestales:
  - (a) Las áreas que están sufriendo erosión superficial pueden ser evaluadas aplicando datos determinados localmente (reconocimiento con campesinos locales, etc.) o con relaciones sobre pérdida del suelo-productividad para áreas similares que han sido citadas en la literatura (por ejemplo, Tejwani y Babu, 1982; El Swaify et. al., 1982).
  - (b) Los efectos de la erosión por cárcava y del movimiento masivo del suelo pueden estimarse evaluando el porcentaje del área dentro de diferentes tipos de uso de la tierra que han sido afectados por dicha erosión. Los inventarios en el terreno y/o la fotografía aérea pueden usarse para estimar el área total afectada y los cambios del área total a través del tiempo (ha/año). Pueden luego estimarse las pérdidas de productividad (madera, cultivo, etc.) en estas áreas sobre la base de observaciones de campo, discusiones con campesinos locales y por relaciones tales como la del ejemplo del Encuadre 5.4.
- (3) La condición de "sin" el proyecto es la suma de dos (a) y dos (b) y debería representar las pérdidas totales de productividad para la entera cuenca.
- (4) La condición de "con" el proyecto se determina repitiendo los pasos (1) y (2) pero ejecutando las prácticas de control de la erosión superficial y las prácticas de estabilización de cárcavas y pendientes. Puede llegarse a aproximaciones sobre cambios en la erosión superficial cambiando los factores apropiados en la EUPS (Ecuación Universal para Pérdidas de Suelo), o por la modificación de la EUPS, o sea la EUMPS (ver Sección 5.3.3). De la misma manera, deberán aproximarse los efectos de las prácticas de estabilización de cárcavas y pendientes sobre los ritmos de erosión y productividad. Los ritmos de recuperación sobre sitios interferidos pueden estimarse con observaciones locales o relaciones regionales.
- (5) Las diferencias netas en productividad debidas al proyecto resultarían ser las diferencias entre los valores determinados en los pasos (3) y (4) a través del tiempo.

### 5.3.3 Estimación de ritmos de erosión superficial

El método más ampliamente seguido para estimar la erosión anual superficial del suelo (erosión laminar o por surcos) es la "Ecuación Universal para Pérdidas de Suelo" (Wischmeier y Smith, 1961, 1965, 1978). El método EUPS es aplicable a las tierras agrícolas que tengan pendientes moderadas (menos del 50%). El método EUMPS (Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo) ha sido desarrollado para condiciones de cuencas silvestres

(USDA Forest Service, 1980; Dissmeyer y Foster, 1985) y deberá ser empleado para tierras no agrícolas que exhiben una variedad de tipos de vegetación y por lo general pendientes más abruptas y alargadas.

#### 5.3.4 Estimación de los ritmos de erosión en cárcavas

El método más directo de estimar la erosión en cárcavas es el hacer los mapas de los cambios del "área de cárcava" dentro de una cuenca y estimar el volumen de suelo removido en el tiempo midiendo los cambios en la geometría de las cárcavas. La fotografía aérea en gran escala y/o las observaciones sobre el terreno a través del tiempo pueden ofrecer buenas estimaciones de los ritmos por erosión por cárcava (ver Encuadre 5.5). Desgraciadamente, puede no disponerse de dicha información para períodos previos al análisis del proyecto.

Harvey et. al., (1985), han desarrollado un esquema para estimar ya sea los efectos sobre el lugar de la formación de cárcava, para determinar los ritmos de la expansión de cárcava y pérdida del suelo y, los efectos fuera del lugar de la formación de las cárcavas sobre la producción de sedimento. Se presentan métodos para determinar: (i) condiciones límites en el desarrollo de las incisiones de los canales, (ii) fase de la evolución de la cárcava, (iii) estabilidad actual del sistema de la cárcava y (iv) ritmos a largos plazos de erosión en cárcava y generación de sedimentos. Para la estimación anterior se presentan las ecuaciones y se especifican los datos requeridos.

Varias publicaciones describen métodos para estabilizar cárcava (Gil, 1979; Kunkle y Thames, 1977; Heede, 1976; y otros).

#### 5.3.5 Estimación de los movimientos masivos del suelo

Los movimientos masivos del suelo suceden en determinados sitios de una cuenca donde las pendientes de las colinas (y alteraciones de las pendientes de las colinas) vienen expuestas a condiciones en las cuales los factores de esfuerzos de tracción se vuelven grandes comparados con los factores de fuerzas de tracción. A menudo se emplea un factor de seguridad para exprimir el azar asociado con el movimiento masivo del suelo (USDA Forest Service, 1980):

$$\text{Factor de seguridad } F = \frac{\text{Resistencia del suelo a la fractura (esfuerzo de tracción)}}{\text{Fuerzas provocantes de la fractura (fuerza de tracción)}}$$

El valor de  $F = 1$  indica una falla inminente; valores grandes para  $F$  indican riesgos limitados de falla. La construcción de caminos cruzando pendientes, operaciones incorrectas de extracción forestal y la conversión de especies de raíces profundas a especies de raíces superficiales son ejemplos de actividades de uso de la tierra que provocan fallas en las pendientes abruptas.

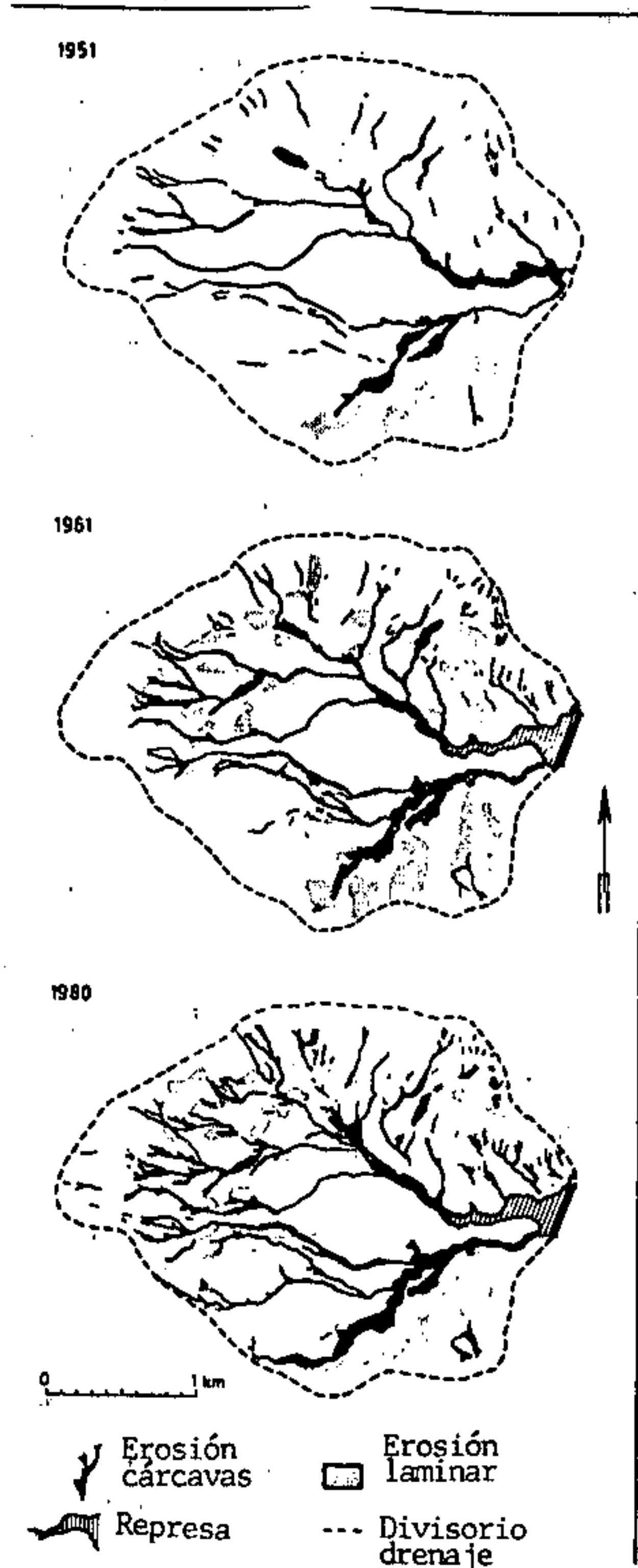
En la Figura 5.5 se ilustra un procedimiento para apreciar el movimiento masivo del suelo. La estabilidad relativa del área puede estimarse empleando indicadores de suelos, geológicos, climáticos y vegetales obtenidos en observaciones de campo, fotografías aéreas, y mapas topográficos. El análisis esfuerzo-fuerza a la tracción puede entonces realizarse (generalmente hasta un cierto punto) sobre sitios inestables. Para la realización de estos análisis pueden emplearse modelos, como el que fue desarrollado por Burroughs (1985).

El tipo de falla, el gradiente de la pendiente, la irregularidad de la misma y la distancia del curso de agua pueden ser empleados para estimar el vuelco de sedimentos a las corrientes. El método presentado por el USDA Forest Service (1980) puede ser seguido para ejecutar este análisis.

Si bien el movimiento masivo de suelo como fenómeno puede afectar un área muy inferior de superficie de la cuenca, debe reconocerse que (i) este proceso elimina efectivamente la productividad del área afectada por uno y normalmente varios años, y (ii) grandes volúmenes de sedimentos pueden ser depositados directamente en los canales y representar (en algunas cuencas) el origen mayor de sedimentación hacia aguas abajo. La protección de áreas selectas, potencialmente peligrosas o por lo menos la construcción limitada o cuidadosamente controlada de caminos y usos de la tierra, pueden representar un control

Encuadre 5.5 Uso de los inventarios de campo y de la interpretación de fotos aéreas para estimar la erosión de cárcavas y fuentes de los sedimentos (de Stromquist et. al., 1985).

Se emplearon la interpretación de fotografía aérea a la escala de 1:30 000 e inventarios sobre el terreno para identificar las fuentes de sedimentación, mecanismo de transporte y elementos de almacenaje para permitir estimar los ritmos de erosión de una hoya de 6,15 km<sup>2</sup> en el SO de Lesotho (ver Figura 5.4). Las superficies con erosión por cárcavas aumentaron en 200 000 m<sup>2</sup> entre 1961 y 1980. Se estimó que la producción de sedimento en el lugar de la represa fue de 300 000 ton por erosión de cárcavas y alrededor de 80 000 ton por erosión por surcos y laminar; el volumen útil total de la represa era de 267 000 m<sup>3</sup>, que corresponde a 360 000 ton de sedimento retenido.



La expansión rápida de las cárcavas entre 1951 y 1961 se explicó en parte por los altos niveles de lluvias poco comunes para dicho período con un promedio de 100 mm/año más de lo normal.

El uso de la fotografía aérea permite de cuantificar ya sea la pérdida de área productiva como, tal empleado en este estudio, ayuda a identificar las fuentes de sedimentos. En este caso, sólo una fracción de la cuenca contribuyó a la masa principal de los sedimentos en el sitio de la represa.

Figura 5.4 Erosión en cárcavas y en forma laminar de 1951 a 1980 para una cuenca de 6,15 km<sup>2</sup> en el SO de Lesotho (Stromquist, et. al., 1985).

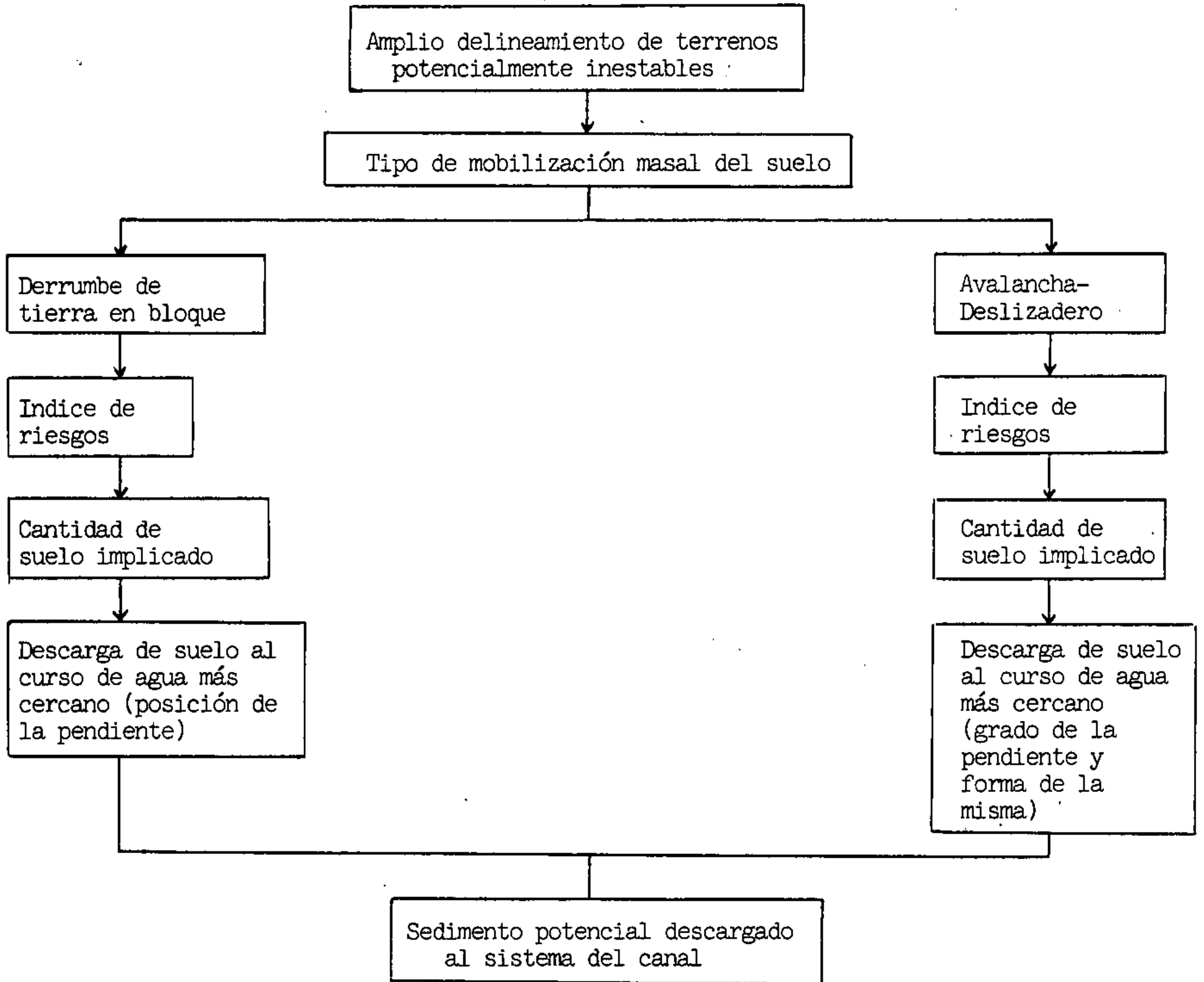


Figura 5.5 Procedimiento general para estimar el movimiento de masas de suelo (de USDA Forest Service, 1980).

más efectivo para el sedimento que las prácticas afectando una área mucho más grande a los fines del control de la erosión superficial. Si bien pueden requerirse varios tipos de control de erosión, si el objetivo primario del proyecto es de reducir la sedimentación en la represa, debería normalmente asignarse alta prioridad a las superficies con movimientos masivos del suelo.

#### 5.4 Erosión del suelo - Sedimentación aguas abajo

Uno de los principales objetivos de un proyecto de cuencas puede ser el de reducir la sedimentación en las represas o canales aguas abajo (ver Encuadre 5.6). La relación entre la erosión de las tierras altas (y prácticas del control de la erosión) y la sedimentación aguas abajo en cualquier caso específico no es bien comprendida porque: (i) no se dispone de datos sobre los ritmos de erosión superficial, por cárcavas o por movimientos masivos del suelo; (ii) la sedimentación aguas abajo deriva no solamente de la erosión de tierras altas sino también de la erosión de canales y de movimientos masivos de suelo directamente en el canal o represa; (iii) las características del canal y las distancias entre las hoyas afectadas y represas aguas abajo determinan las cantidades y los momentos de la distribución del sedimento (por lo tanto, agregando dimensiones complejas sobre tiempos y espacios al análisis); y (iv) la sedimentación causada por inundaciones y

Encuadre 5.6 El sedimento y el diseño de la represa

La reducción de los ritmos de sedimentación en las represas en India ha demostrado de generar ahorros significativos en el costo de la construcción del dique (Sinha, 1984). En una localidad, la reducción de un 25% de la salida de sedimentos de una hoya de 629 km<sup>2</sup> hacia la represa, permitiría que la altura del dique fuera 0,53 m más baja que la altura original proyectada de 36,6 m. El costo del dique fue así reducido en 4,5%, sin mencionar la reducción de la cantidad de hectáreas inundadas por el lago de la represa. En otro ejemplo, la sedimentación de una cuenca de 114 km<sup>2</sup> debería reducirse en un 75% para completar una reducción del 6% en el costo del dique (reduciendo de 0,61 m su altura).

deslizamientos de tierras catastróficos, naturales, puede ser excesiva, pero es de naturaleza probabilística y de difícil cuantificación bajo condiciones de "con" y "sin" el proyecto. El Encuadre 5.7 indica un procedimiento para estimar los vínculos entre la erosión aguas arriba y la sedimentación aguas abajo.

Si bien no existen relaciones precisas entre la erosión tierras altas y la sedimentación aguas abajo, se dispone de varios métodos generales, inclusive la aplicación de una relación de arrastre o modelos más sofisticados de transporte. En la Figura 5.6 se indica una relación generalizada entre la superficie de drenaje y el índice de descarga del sedimento. Si se dispone de relaciones locales o regionales derivados de estudios de campo anteriores, deberán ser usados en lugar de la Figura 5.6. En el proyecto de la cuenca de Loukkos (Encuadre 5.8) se disponía de las medidas de sedimentación para la localización de la represa, se estimó el ritmo de arrastre para la erosión superficial del suelo comparando la real deposición de sedimentos con los ritmos de erosión estimados por el EUMPS.

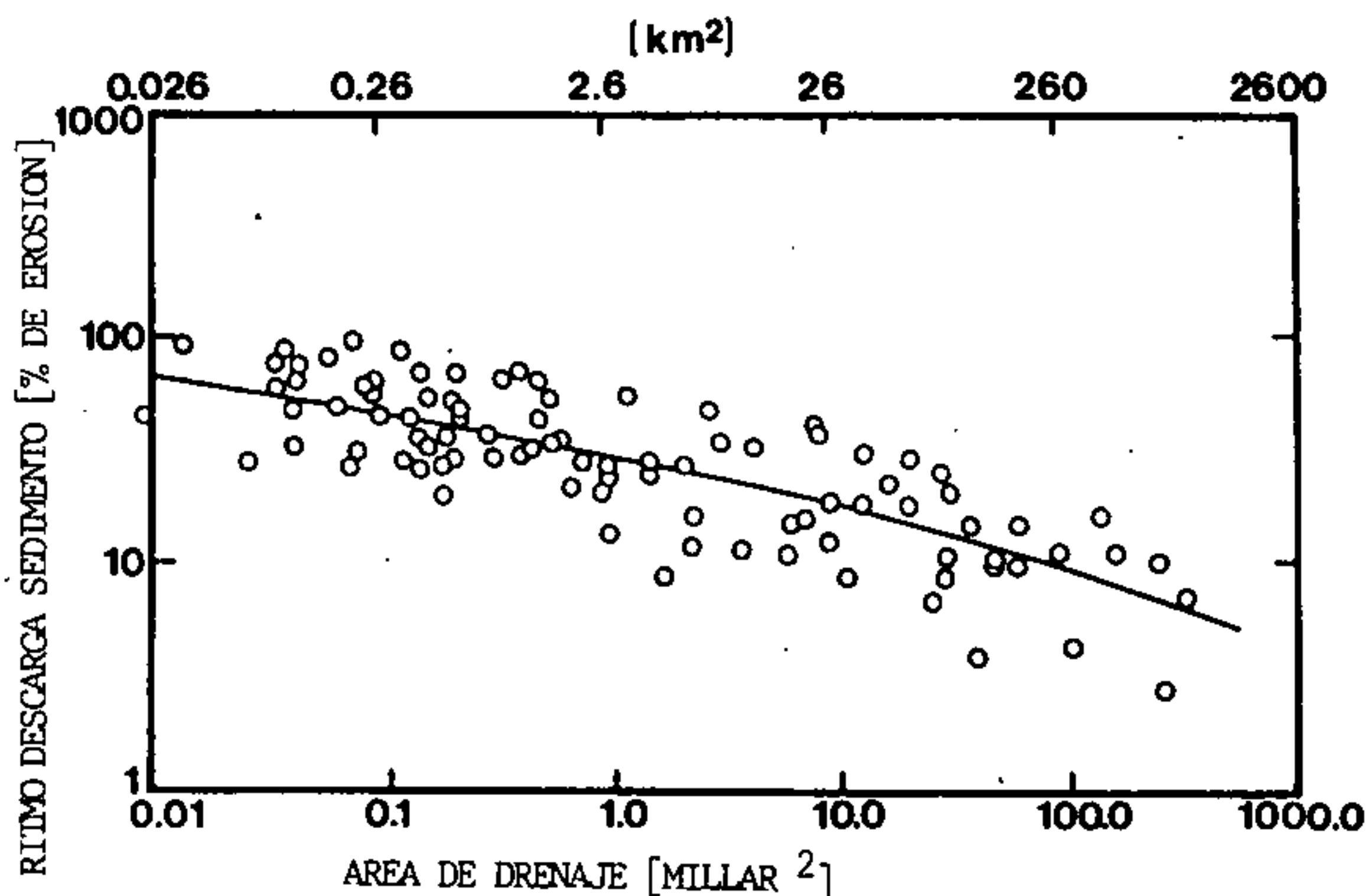


Figura 5.6 Relación de descarga de sedimentos derivada del tamaño de la hoya (Roehl, 1962).

Encuadre 5.7 Procedimientos para estimar los vínculos entre la erosión tierras altas y sedimentación aguas abajo

1. Estimar los ritmos de sedimentación sin proyecto, por medio de:
  - a. Inventarios de sedimentos (mejor procedimiento)
    - (1) represas dentro de la hoya
    - (2) pequeñas lagunas o tanques de almacenamiento en la hoya
    - (3) represas, lagunas en hoyas adyacentes similares
  - b. Sedimentos en suspensión más datos de carga del lecho - recolectar, analizar e interpretar la descarga total de sedimento (datos intensivos), ó
  - c. Modelos de erosión-sedimentación que hayan sido verificados para cuencas similares.
2. Determinar las fuentes de los sedimentos en cuanto a los procesos y a las superficies que los originan.
  - a. Ritmos de erosión superficial para áreas con definido uso de la tierra
    - (1) datos de las parcelas en estudio
    - (2) aplicar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo o la Ecuación Modificada de Pérdida de Suelo para campos cultivados, praderas, rodales forestales, etc.
  - b. Procesos de desperdicios masivos, p.e., correderas de tierra, deslizamiento de terrenos, residuos de torrentes, etc.
    - (1) inventario en el terreno - mapas de las áreas con desperdicios masivos y su proximidad con las corrientes de agua
    - (2) fotografía aérea - mapas de las áreas
  - c. Erosión de cárcavas - inventario de su amplitud; estimar el por ciento de la hoya afectado por una erosión activa por cárcavas
  - d. Estimar la contribución relativa de cada fuente; tener en cuenta otras fuentes como caminos, senderos deslizaderos, áreas mineras y sitios de construcción.
3. Estimar los ritmos de descarga desde superficies dentro de los bordes del proyecto a puntos de interés, p.e., al sitio de la represa. Si se dispone de un modelo detallado de los cursos de los sedimentos puede usarse en lugar de los ritmos de descarga.
  - a. El tamaño, la topografía y las características de los canales de una cuenca afectan la eficiencia con la cual los sedimentos de tierras altas (ton/año) se trasladan a lugares aguas abajo y se depositan como sedimento (m<sup>3</sup>/año). Se requiere un control a largo tiempo para tener datos locales para las estimaciones de las relaciones de descarga. Si se dispone de datos locales, deberán ser usados; una segunda mejor alternativa es la de adaptar relaciones de descarga determinada para cuencas similares en la región.
  - b. En la mayoría de los casos, las relaciones de descarga deben determinarse según descripción de Dunne (1977); los métodos de Roehl (1962) ponen en relación el tamaño de la cuenca, o relaciones de relieve/largos del curso principal con las relaciones de descarga.
4. Modificar las componentes de la EUPS ó EUMPS para reflejar los cambios de la erosión superficial del suelo debidos a prácticas del proyecto. De la misma manera, deberán evaluarse todos los bloques de cárcavas ó de diques compensadores, etc. que forman parte del proyecto, en términos de efectividad y duración de la efectividad.
5. Aplicar el mismo ritmo de descarga (3) o el modelo de los cursos para determinar los efectos de las prácticas de control de la erosión sobre la sedimentación aguas abajo. El rendimiento de sedimentos resultante representa la condición de "con el proyecto".

Encuadre 5.8 Estimar los ritmos de erosión y sedimentación "con y sin" un proyecto de ordenación de cuencas (ver el análisis completo en el Anexo 1)

La efectividad de las prácticas de control de erosión fue evaluada para el proyecto de cuencas de Loukkos en el norte de Marruecos (Brooks et. al., 1982). La finalidad primaria del proyecto era la de reducir la sedimentación en un sitio de represa de uso múltiple. Se evaluó una combinación de reforestación, revegetación, y prácticas (estructurales) de control de cárcavas. Se disponía de poca información para cuantificar la efectividad de las estructuras de control de cárcavas y las prácticas de ordenación de la vegetación para el norte de Marruecos. Por lo tanto, el camino seguido fue de (1) determinar los niveles corrientes de sedimentación en el sitio de la represa de Oued El Makhazine; (2) empleando la EUMPS (Ecuación Universal Modificada sobre Pérdidas de Suelo) estimar los ritmos correspondientes de erosión y las relaciones de descarga de sedimentos asociados con el uso actual de la tierra; (3) estimar la erosión futura y descarga de sedimentos en el sitio de la represa adoptando el proyecto. Se estimó que el nivel corriente de sedimentación depositado en el sitio de la represa era de alrededor de  $3,8 \times 10^6$  metros cúbicos por año con un 95% de eficiencia de intercepción. Empleando esta cifra, se estimó la pérdida acumulada de almacenamiento del sitio de la represa en el curso de un período de años.

Estimación de la Erosión Superficial: La EUMPS (Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo) usada para este estudio fue:

$$A = R * K * LS * VM$$

donde:

A = pérdida de suelo (ton/ha/año)

R = factor de erosión pluvial

K = factor de capacidad de erosión del suelo

LS = factor topográfico, y

VM = factor ordenación de la vegetación - control de erosión.

Los valores estimados por Arnoldus (1977) para las variables independientes fueron:

$$R = 400$$

$$K = 0,15 \text{ y}$$

$$LS = 10$$

mientras que para el factor VM fue de aproximadamente 0,15 (con cobertura de suelo de aproximadamente 30%). La pérdida anual del suelo se estimó en (A) igual a 90 toneladas por hectárea.

La efectividad de las prácticas de ordenación de cuencas sobre la erosión se evaluaron alternando el factor de control de erosión sobre la ordenación de la vegetación (VM). Los restantes términos de la ecuación se mantuvieron constantes.

Estimación de la Sedimentación Aguas Abajo: Se estimó la densidad de sedimento en 1,6 toneladas por metro cúbico; por lo tanto, A es igual a 56,3 metros cúbicos/hectárea/año. Cuando este valor se comparó con el ritmo corriente de la sedimentación total en el sitio de la represa - promediado para una cuenca de 1 820 km<sup>2</sup> - el ritmo de descarga de sedimento se estimó en:

$$RD = \frac{22,0 \text{ metros cúbicos/hectárea/año, en la represa}}{56,3 \text{ metros cúbicos/hectárea/año, pérdidas locales}} = 39\%$$

Los niveles de sedimentación se modificaron de acuerdo con la secuencia de las actividades y el porcentaje de la cuenca afectada por cada una de las actividades (ver Cuadro 5.1). Durante los primeros cinco años, se consideró que el proyecto no tenía efecto sobre el ritmo de sedimentación existente. Al cabo de cinco años, se consideró que las estructuras de estabilización de canales para el control de cárcava estaban en pie y funcionando. Las observaciones hechas en la región sugirieron que las estructuras resultaban efectivas por un período no superior a dos años, después de lo cual los ritmos de sedimentación muy probablemente aumentarían debido a las grandes cantidades de sedimento dentro del sistema de canales. Sin embargo, este período bianual de protección resulta crítico en términos del establecimiento de la vegetación necesaria para el control de la erosión a largo plazo y estabilización de canales. Las actividades de ordenación de la vegetación no fueron consideradas efectivas sino después de los 10 años.

Cuadro 5.1 Ritmos anuales de sedimentación para el proyecto

Años	Sedimentación Anual	Factor Causal
0-5	$3,8 \text{ m}^3 \times 10^6$	Sin controles efectivos
6-10	$2,18 \text{ m}^3 \times 10^6$	Controles estructurales
11-50	$2,8 \text{ m}^3 \times 10^6$	Ordenación de la vegetación

El paso siguiente tomó en consideración el impacto del proyecto de la ordenación de cuenca sobre los niveles de sedimentación y la capacidad de almacenaje para riego resultante aguas abajo del sitio de la reserva. La diferencia de almacenaje entre con y sin el proyecto se convirtió luego en las estimaciones de las pérdidas de valor evitadas para los cultivos bajo riego. (Se asumió que las reservas de agua para riego resultarían afectadas antes que las reservas de aguas municipales o que resultase afectada la generación de fuerza hidroeléctrica).



## CAPITULO 6

### EVALUACION DE INSUMOS Y SALIDAS

El presente capítulo trata del problema de dar un valor a los beneficios identificados (Capítulos 3, 4 y 5) y a los costos vinculados con un proyecto de cuenca. Para contestar los puntos sobre el presupuesto y otras cuestiones financieras presentados en el Capítulo 2, el procedimiento es directo: Se usan los precios de mercado para aquellos insumos y productos comercializados en el mercado, y se ignoran los costos y beneficios no comerciables. Puesto que los cálculos financieros implican solamente precios de mercado, ellos no serán tratados ulteriormente aquí. Más bien, nos concentraremos sobre la evaluación de beneficios y costos para el análisis económico. Hay que recordar que las dos principales diferencias entre los análisis económicos y financieros se relacionan a lo que se incluye en el análisis y sobre cómo se evalúa lo que está incluido. Los Capítulos 3, 4 y 5 discuten en detalle la primera diferencia - lo que se incluye. Aquí, nos concentraremos sobre el segundo punto - sobre cómo evaluar lo que está incluido.

#### 6.1 Medidas de valor y precios sombra

¿En términos prácticos, qué es "valor económico"? Como se ha mencionado anteriormente, la medición básica del valor usado es la voluntad de pago (v.d.p.). Es una medición que refleja la disponibilidad de la sociedad para el pago de bienes y servicios a su margen, o sea, si se dispusiera de otra unidad. Es el reflejo del valor de la escasez en el sentido que cuanto más haya disponible, tanto menos estará dispuesto el individuo a pagar por los bienes y servicios al margen, o sea, para la subsiguiente unidad consumida. Se analiza en detalle la medida en el Capítulo 5 del AEPF, y se sugiere que el lector interesado consulte dicho documento para comprender las inflexiones de concepto del uso del v.d.p.

Otra medida comúnmente empleada es el "costo de la oportunidad" (c.o.). Se trata de la medida del valor de la oportunidad superada cuando se emplea un recurso para una cosa más que para otra. Un ejemplo típico sería el costo de la oportunidad de separar un área para una reserva biológica. Este costo de la oportunidad sería el valor de la madera, minerales, y beneficios de pastoreo renunciados. Como otro ejemplo, el costo de la oportunidad del empleo de la mano de obra en la actividad x es el valor de la producción renunciada por no emplear dicha mano de obra en su subsiguiente mejor empleo, por ejemplo, la producción de y. Por ejemplo, asúmase que un hombre por día puede recoger cuatro manojos de leña en el bosque y venderlos en el pueblo por cinco pesos. Posteriormente, él encuentra trabajo con un finquero vecino de casa que le pagará seis pesos por día para que trabaje para él. El sueldo es de seis pesos, pero el costo de la oportunidad - el valor renunciado cuando tiene que dejar de recoger leña - es de solamente cinco pesos.

La relación entre la v.d.p. y el c.o. es bastante directa. Los valores usados para derivar el c.o. son de hecho los que se emplean para medir la v.d.p. para los bienes y servicios renunciados.

En una economía competitiva sin impedimentos al movimiento libre de los precios, puede asumirse que los precios de mercado reflejan en forma adecuada la v.d.p., por lo menos en su punto marginal. Es por este motivo que estos precios en "equilibrio" o de mercado se emplean tan ampliamente en los análisis ya sea económicos que financieros. Sin embargo, la v.d.p. y el c.o. pueden no congeniar cuando se aplican reglamentaciones en los precios - precios topes por ejemplo - o cuando los precios resultan afectados por los subsidios o los impuestos. En el Capítulo 5 del AEPF se discuten detalles de esta divergencia. Estos precios distorsionados vienen denominados así precios "políticos" y no necesariamente reflejan equilibrios de mercado.

Cuando ocurren estas divergencias, se considera que los precios de mercado existentes son medidas directas inadecuadas del valor económico (son económicamente ineficientes) y son por lo tanto "ajustados" para reflejar la escasez verdadera en economía. Estos precios ajustados vienen denominados precios sombra; los ajustes se basan con frecuencia sobre los precios de mercado observados pero pueden aumentar o reducir el precio del bien o del servicio para reflejar el valor verdadero de la escasez. Por ejemplo, la política del gobierno puede mantener bajo el precio del equipo capital artificialmente, o por vías

de un subsidio. Como resultado, se emplea más capital en el proyecto de los que se habiese usado si el capital tuviese el precio verdadero por su escasez (un precio más alto). En este caso, "precios ineficientes" significa que se dispone de menos recursos para otros usos (p.e., para construcción de caminos, atención sanitaria). Con los precios sombra se trata de corregir estos precios ineficientes.

Muchos países en vía de desarrollo, por ejemplo, tienen controles estrictos sobre divisas externas. Si las tasas de cambio se fijan artificialmente bajas, resultará entonces que los productos importados serán relativamente baratos estimulándose el empleo de componentes importados en los proyectos. Sin embargo, se presentará un problema. Puesto que todos los proyectos requerirán mayores cantidades de insumos importados, no habrá suficientes cantidades de divisas externas disponibles para pagar todas las importaciones. En un mercado competitivo, las tasas de cambio aumentarán para alcanzarse el equilibrio y el deseo del país por la importación irá a la par de su capacidad de pago (con las exportaciones o préstamos). No se permite que ello suceda; por lo tanto, el gobierno raciona la divisa extranjera. El resultado es que las decisiones sobre inversiones en proyectos que son fuertes empleadores de productos importados (basados sobre la tasa de cambio artificialmente baja) vienen introducidas y pueden no aprobarse otros proyectos alternativos que dependen más sobre los recursos domésticos. Si entonces no se dispone de divisas externas, el proyecto viene postergado o fracasa. De todos modos, el racionamiento indica siempre una distorsión de mercado, distorsión que lleva a la ineficiencia económica y a la pérdida de bienestar societario. En resumen, las señales típicas de precios distorsionados incluyen el racionamiento (el precio viene fijado demasiado bajo), las existencias de excedente (el precio viene fijado demasiado alto), o los precios impuestos y rígidos que pueden ser ya sea demasiado altos (y desanimar el consumo), o demasiado bajos (requiriendo subsidios o racionamientos).

El segundo caso donde se requieren precios sombra es el de los bienes y servicios que no tienen precio de mercado visibles. Muchos bienes ambientales son de este tipo. En este caso, el analista deriva los precios sombra que reflejan la voluntad de la sociedad para el pago y el bien. La sección siguiente analiza diferentes procedimientos para determinar los valores monetarios; un cierto número de estos enfoques pueden seguirse para determinar los precios sombra.

## 6.2 Asignación de valores monetarios: Tres caminos

En la Figura 6.1 se muestra una clasificación general de los caminos para evaluar los insumos y salidas o para derivar los precios sombra o para la medición de la v.d.p. La mayoría de los costos y beneficios en la ordenación de cuencas pueden ser manipulados con uno de los caminos indicados. Pueden emplearse varias técnicas específicas para cualquiera de los caminos indicados según se ilustra en la Tabla 6.1

Los tres caminos generales de evaluación pueden describirse de la manera siguiente:

### 6.2.1 Empleando precios de mercado

En el caso donde se considera que un precio de mercado refleja en forma adecuada la voluntad de pago (v.d.p.) para un bien o servicio, podrá usarse el precio del mercado mismo en el análisis económico como reflejo del valor económico en su límite. De nuevo, el racionamiento para esta asunción se basa sobre la teoría económica, discutida en el AEPF y en muchos otros textos (ver Gittinger, 1982; Hufschmidt et. al., 1983; Dixon y Hufschmidt, 1986).

El precio de mercado de transacción es el precio al cual se realiza el intercambio comercial. Este, combinado con la cantidad vendida, es la culminación de la interacción entre compradores y vendedores, cada uno de los cuales trata de realizar el mejor negocio posible. El vendedor trata de asegurarse altos precios mientras que el comprador busca que sean bajos para el mismo producto. El grado de influencia que un vendedor tiene sobre el precio viene moderado por los factores que afectan la elasticidad del precio de la demanda - los ingresos del comprador, sus preferencias, y la cantidad, calidad y precio de los bienes de sustitución ofrecidos por otros vendedores y sobre los cuales los compradores tienen conocimiento.

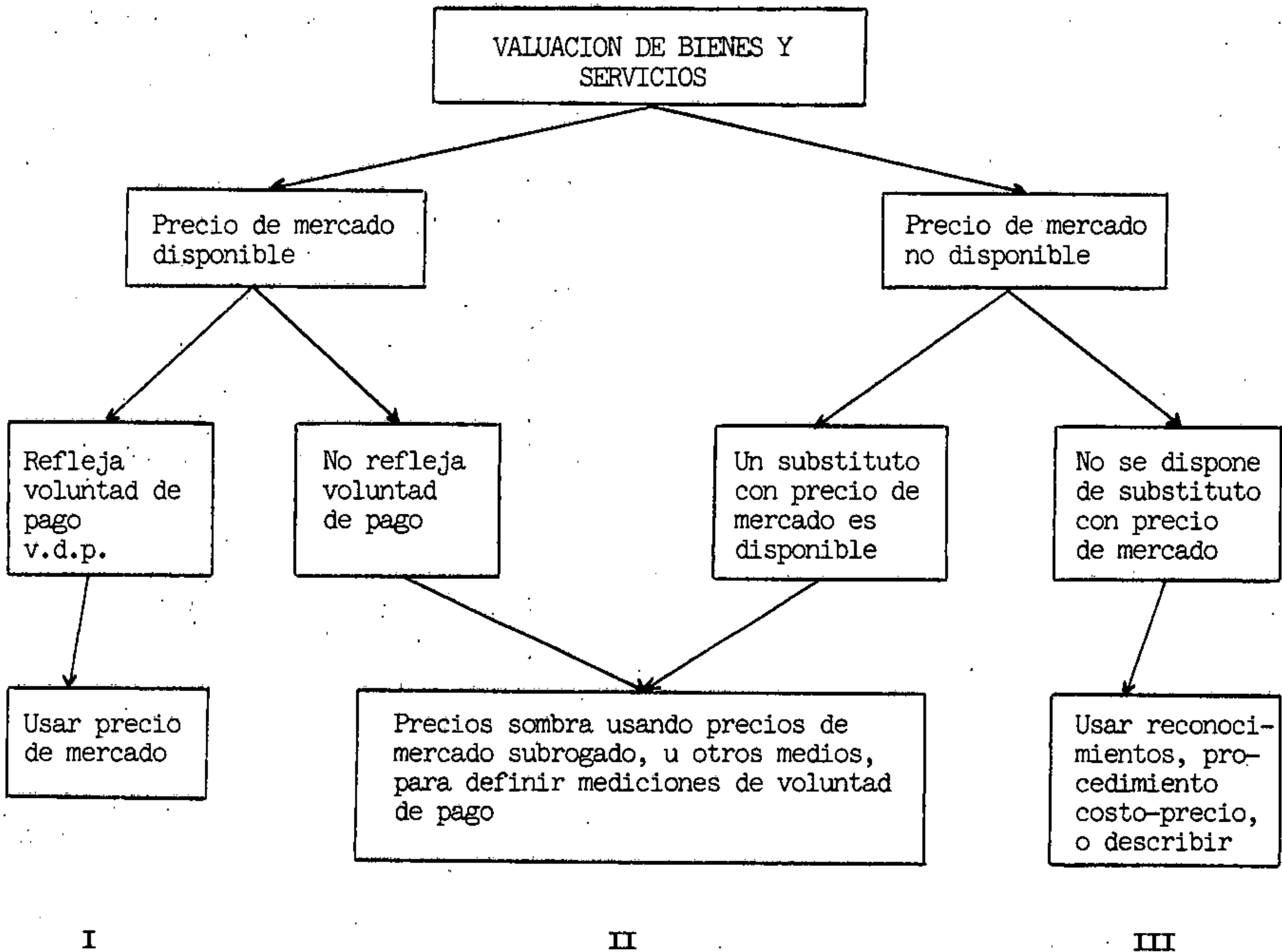


Figura 6.1 Condiciones y enfoques para la evaluación

El precio de mercado, por lo tanto, representa un equilibrio entre la oferta y demanda, y en tales casos, refleja correctamente la v.d.p. Sin embargo, en ciertas circunstancias no refleja la verdadera voluntad de pago, y aquí la pregunta clave es cómo llegar a conocer cuándo un precio de mercado es adecuado o no. No hay una respuesta fácil, especialmente por el hecho que no es un tipo de situación de un sencillo "sí-o". Se están tratando más bien los grados de distorsión.

Una pauta general podría ser la de usar el precio de mercado para un bien o servicio a menos que haya una razón obvia de creer que esté significativamente distorsionado. Para esta sugerencia hay una cantidad de razones, siendo las siguientes las más importantes:

.. quienes toman decisiones aceptan a menudo más rápidamente los precios de mercado que los valores artificiales derivados por el analista;

.. ellos son generalmente fáciles de observar, ya sea para un determinado momento como para un período de tiempo;

.. reflejan las decisiones de muchos compradores, no solamente el criterio de un analista o de un administrador (como en el caso de los precios gobernados);

.. los procedimientos para calcular los precios sombra son más bien imperfectos y por lo tanto, las estimaciones pueden en ciertos casos, introducir discrepancias mayores que las del simple uso de precios, aún imperfectos, de mercado.

Cuadro 6.1 Una tipología de técnicas selectas de evaluación

Técnica de evaluación	Ejemplos de Aplicación	
	Evaluando costos	Evaluando beneficios
1. Usando precios de mercado		
(a) Cambios de valor de las salidas	Menor producción del cultivo debido a erosión, depósitos de barro, agua contaminada, o redistribución de la tierra; cambio de valor de la pesca.	Aumento de la producción de cultivo debido a una reducción de la erosión del suelo; aumento de la cosecha por suelos enriquecidos de sedimentos.
(b) Pérdida de ganancia	Valor de los servicios productivos perdidos por mayor enfermedad y muerte producida por enfermedades de origen acuático, p.e., esquistosomiasis.	Por evitarse pérdidas en las ganancias.
(c) Gastos preventivos	Costos de los tratamientos del agua de toma, decantación de las tomas de agua, estructura de decantación, dique de contención.	Gastos evitados.
(d) Costo de sustitución	Costo de reemplazar láminas de turbinas; costos de sustitución de bombas; compensación por producción no realizada.	Costos evitados.
2. Usando precios de mercado subrogados		
(a) Enfoque del valor de la propiedad o de la tierra	Menores valores de la tierra por la erosión, sedimentación o inundación.	Mayores valores de la propiedad debidos a mayores productividades debidas a la reducción de la erosión o inundaciones.
(b) Procedimientos por costo de viaje	Valor recreativo perdido si se daña al recurso.	Valor de la pesca, lago o playa recreativa.
(c) Procedimiento por salario preferencial	—	Estimación de la disponibilidad de los obreros de permutar salarios por una mejor calidad del ambiente.
(d) Aceptación de una compensación	Compensación por daños a los cultivos o a la salud (p.e., enfermedad "minimata").	—

Cuadro 6.1 Una tipología de técnicas selectas de evaluación

Técnica de evaluación	Ejemplos de Aplicación	
	Evaluando costos	Evaluando beneficios
3. Valuación hipotética		
(a) Consulta directa de la voluntad de pagar (o voluntad de aceptar compensaciones)	Estimación de la voluntad de aceptar compensaciones o la pérdida de uso de una playa, laguna o represa.	Estimación de la voluntad de pagar por el uso de la pesca en una represa.
(b) Situaciones de permuta	--	Valor estimado de la mejor calidad de agua o más reducida erosión del suelo.

### 6.2.2 Empleo de precios de mercado subrogados

En el caso de costos y beneficios que ellos mismos no tienen valor en el mercado, pero para los cuales existen substitutos definidos evaluados en el mercado, pueden emplearse precios de mercado correctamente ajustados para los substitutos a fines de desarrollar valores subrogados o representativos para los costos o beneficios que se estén evaluando (ver AEPF, Capítulo 5-8).

Por ejemplo, no hay un mercado para el suelo erosionado en los campos de tierras altas y para el barro y los sedimentos depositados en los campos de tierras bajas. Pueden asignarse valores a estos efectos en varias formas diferentes. Un procedimiento examina el precio de mercado de los campos altos y erosionados o de los campos de tierras bajas enlodadas, y luego se les compara con los precios de mercado para campos vecinos no afectados por la erosión. En este análisis con-sin, la diferencia de valores en las tierras actúa como precio subrogado o representativo para el daño causado por la erosión.

Los procedimientos de mercado subrogado se usan con frecuencia para derivar "precios sombra" especialmente para bienes y servicios ambientales sin precio. Los sitios recreativos, como los que se hallan cerca de la represa, pueden evaluarse siguiendo el procedimiento del costo-viaje. Se discutirá más adelante este procedimiento costo-viaje.

Si se considera que los precios de mercado son distorsionados, pueden entonces usarse los procedimientos de mercado subrogado para desarrollar apropiados precios sombra. Por ejemplo, un problema común de asignar precio sombra es el de mano de obra en un proyecto de desarrollo en un área con gran desocupación. Si el proyecto genera nuevos empleos y si existe una disposición gubernamental sobre sueldos mínimos en la economía, entonces estos sueldos mínimos muy posiblemente no reflejan en forma adecuada el costo de la oportunidad para su uso, para la mano de obra anteriormente no empleada. El sueldo mínimo será superior al costo real de la oportunidad para empleo adicional de obreros. En tales casos, puede hacerse una estimación de lo que estaban produciendo los desocupados mientras no estaban ocupando una tarea a tiempo completo - reparaciones de viviendas, producción de alimentos para la familia, realizando trabajos irregulares, casuales. Se adopta luego el valor de esta producción como precio sombra o como medida de valor económico para la mano de obra. Como resultado, dado que el precio sombra de la mano de obra es inferior al sueldo mínimo fijado por el gobierno, el análisis económico favorecerá las alternativas que usan una cantidad relativamente mayor de mano de obra que de capital. Para el análisis financiero, el cuadro será al revés - puesto que la mano de obra, valuada según los sueldos mínimos, es más "cara", el análisis financiero favorecerá aquellas alternativas que emplean una cantidad relativamente menor de mano de obra.

### 6.2.3 Empleo de una evaluación hipotética (inventarios, "costo-precios" o descriptivos)

En algunos casos, donde no hay posibilidades de derivar medidas de valor aceptables para precios de mercado, es posible derivar alguna información sobre valor por medio de inventarios o por el juicio de expertos sobre valores. Además es posible derivar valores mínimos o de equilibrio para algunos beneficios por medio del análisis del costo de la producción o del derivado de los mismos. Esto viene llamado comúnmente un análisis "costo-precio", puesto que emplea los costos para derivar alguna información a seguirse para juzgar los "precios" mínimos que serían necesarios para llegar a la par. Deberá siempre tenerse presente con dichos valores de que ellos representan todo un límite inferior para el valor del bien o servicio tratado, y por lo tanto, solamente si la salida ya viene siendo producida o si tiene que tomarse una decisión para producirla. Como tal, se trata de un análisis ex-post. Si se está siguiendo un procedimiento de costo-precio en un análisis ex-ante, luego el resultante costo-precio representa al valor mínimo que quien toma decisiones deberá asignar a las salidas, para asegurar una relación de equilibrio entre los costos y beneficios económicos. En general, el análisis costo-precio se usa en las evaluaciones ex-post.

Puesto que estos procedimientos no se apoyan sobre el precio de mercado, el cual puede ser directamente observable o subrogado, los resultados tienen que ser interpretados con mucho cuidado. Para el análisis de proyecto, estos procedimientos deberán ser usados, solamente cuando no son posibles o no son prácticos los caminos que se basan sobre el mercado.

Por supuesto, este tipo de procedimiento para la evaluación es la base extrema para las decisiones políticas: el formulador de decisiones juzga que el valor de la ordenación de la cuenca es mayor o inferior del de los recursos necesarios para producirlo. Este tipo de decisiones se toma todos los días sin ningún análisis cuantitativo. Con frecuencia esta forma de evaluación es implícita y nunca viene hecha explícita.

Uno de estos tres procedimientos proporciona los medios para generar por lo menos cierta información sobre el valor monetario de cualquiera de los beneficios elencados en la línea al pie de la Fig. 2.3. En las secciones siguientes se discuten métodos específicos de evaluación y técnicas apropiadas para cada categoría de costos y beneficios de ordenación de cuencas.

### 6.3 Categorías generales de salidas e insumos y sus relaciones con las medidas de valor

Los insumos y las salidas de cualquier proyecto encuadran dentro de ciertas categorías bien definidas en términos de apropiadas medidas de valor (tales como las que se han discutido en la Sección 6.1). Estas categorías se aplican también a los proyectos o prácticas de conservación de cuencas. En la Figura 6.2 se indican las cinco categorías de insumos y sus medidas de valor (A, B, C, D y E) y las cinco categorías de salidas y sus medidas de valor (I, II, III, IV y V).

Pueden usarse estas dos clasificaciones como guía cuando se trata de insumos y salidas específicas. La primera operación es de ubicar los insumos y salidas de ordenación de cuencas en una de las categorías a los fines de identificar una apropiada medida de valor. La segunda operación es luego la de aplicar una de las técnicas específicas disponibles para cuantificar de hecho su valor (discutido en las Secciones 6.4 y 6.5).

Cuando se desarrollan medidas de valor, hay en la economía una útil simetría que deberá recordarse puesto que puede ser particularmente útil para valorar los beneficios y costos de la ordenación de cuencas: Un beneficio renunciado o perdido es un costo, lo mismo que un costo evitado es un beneficio. Por lo tanto, mientras se está buscando alguna medida de valor, el enfoque a veces está sobre los beneficios recibidos, y otras veces sobre los costos evitados. Por ejemplo, en un proyecto de protección de cuencas referido a prevenir la pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua de una represa, podría seguirse el camino para el problema de la valuación del beneficio del punto de vista de los costos de excavación evitada, en el caso de que dicha excavación fuese realizada sin el proyecto.

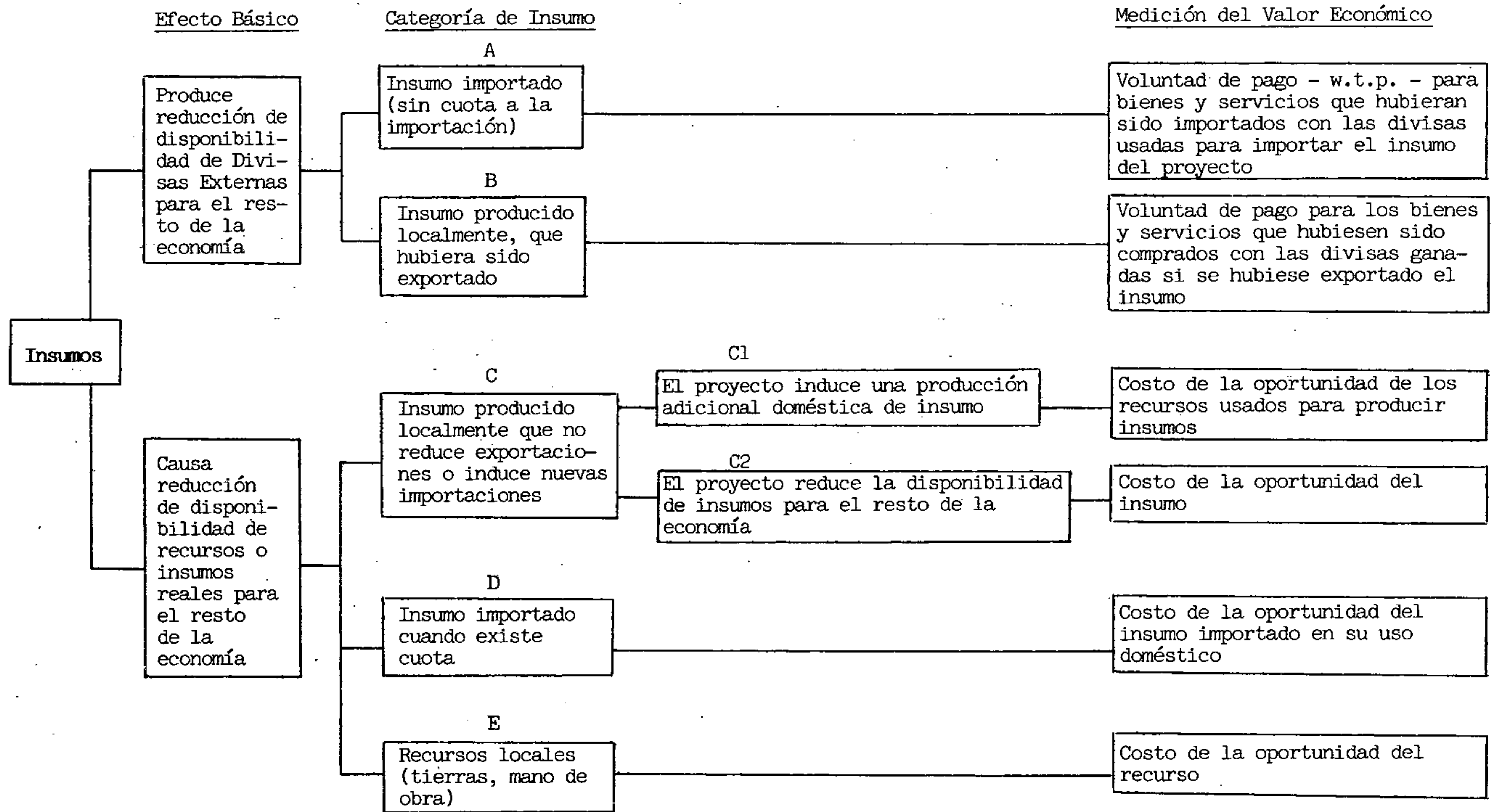
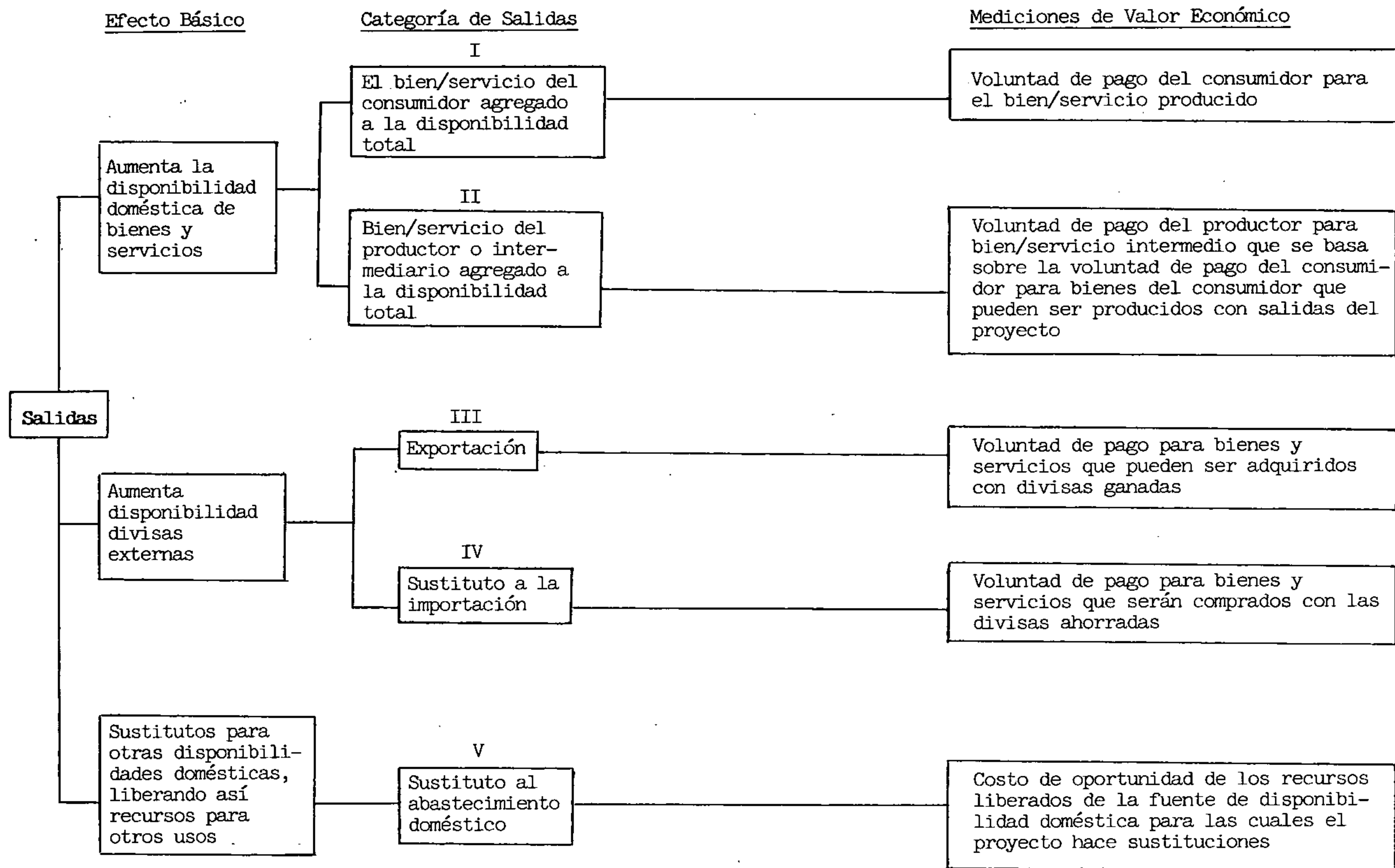


Figura 6.2 Insumos: Mediciones del valor económico



- 19 -

Figura 6.3 Salidas: Mediciones del valor económico



La lógica de este procedimiento puede verse en el ejemplo que sigue. Asumir que un proyecto integrado de ordenación de cuencas que cueste US\$180 000 (valor actual de los costos de la oportunidad de los recursos en su inmediato mejor uso) puede generar un valor presente de \$200 000 de beneficios en términos de mayores riegos y beneficios en fuerzas energéticas; supóngase que los beneficios se deben a una menor cantidad de sedimentos en la represa, que significa un aumento de la capacidad de la misma. Sin el proyecto de ordenación de cuencas, se haría una excavación adicional para sacar el sedimento agregado que se hubiera acumulado sin el proyecto de ordenación de cuencas a un costo de \$90 000 (valor permanente del costo de la oportunidad para los recursos en su mejor uso inmediato). Claramente, asumiendo que no hay otros beneficios y costos asociados con ninguna de las dos alternativas, la justa elección sería la de usar la excavación para ganar un beneficio neto de \$110 000 y colocar los recursos de la ordenación de cuencas en el mejor uso alternativo inmediato que generen \$180 000.

Se trata de un ejemplo de beneficio tipo V en la Figura 6.3. En el proceso de valuación una distinción importante a realizarse es entre una salida que se adiciona a la oferta en la economía (tipo I, II de beneficios en la Figura 6.3) con la salida que sustituye otra fuente de oferta, sin adicionarse al total (por ejemplo, beneficios del tipo IV y V de la Figura 6.3). Como se hace referencia en la Figura, las medidas de valor apropiadas, son bastantes diferentes.

Volviendo de nuevo al ejemplo, supóngase que no se ha tomado ninguna decisión ni aún la de considerar la excavación como una alternativa. En dicho caso, la alternativa en la ordenación de cuencas sería considerada como un beneficio promedio de la categoría I y/o II - se agregarían \$200 000 en valor por mayores cosechas y beneficios energéticos a la economía. El beneficio neto en este caso sería de \$200 000 menos \$180 000 o sea \$20 000. La alternativa en cuanto al uso de los recursos sería considerada económicamente eficiente. Pero, como se analizará en el Capítulo 7, se trata solamente de la primer prueba de sus méritos. La otra condición es que no hay un camino conocido y factible para obtener los beneficios a menor costo. Así es que interviene la alternativa del dragado. Ofrece beneficios netos de \$200 000 menos \$90 000 o sea \$110 000, que es considerablemente mayor que para la opción cuenca. Por lo tanto, se acepta aquí la excavación y se rechaza la alternativa de la ordenación de cuenca para este simple ejemplo. Nos encontramos en el punto de partida y se podrían muy bien, haber usado los costos de la excavación, como cortada, que habían sido evitados como medidas de beneficios para la alternativa ordenación de cuencas (con respecto a este punto de la evaluación véase UNIDO, 1972, pág. 41).

#### 6.4 Valuación de los insumos para la ordenación de cuencas (ver. AEPF Capítulo 6)

La mayoría de los insumos para la ordenación de cuencas son costos, ya sea para los agricultores individuales en el área de las tierras altas o para la sociedad en forma global. La estimación de los costos de los insumos es normalmente más fácil que estimar el valor de los beneficios. Puesto que muchos de los insumos tienen que ser comprados es fácil anotar sus precios de mercado. Si estos precios no tienen distorsiones (o bastante desvinculados de ella), pueden ser usados para el análisis económico.

La mayoría de las categorías de los insumos, como se define en la Figura 6.2, se determina sobre la base de si el insumo es o no producido localmente o importado. Además, el analista debe determinar si existen o no cuotas de importación y si pudieran haberse exportado los insumos producidos localmente. Todos estos factores inciden sobre la selección de la medida correcta del valor económico.

Por ejemplo, un programa de terrazas en tierras altas requiere un discreto conjunto de insumos - mano de obra, un cierto capital en equipos, combustible para las máquinas, y una superficie de tierras. Cada insumo deberá ser evaluado por su precio económico apropiado que refleje la voluntad de pago o el costo de la oportunidad. La mano de obra y la tierra (categoría E en la Figura 6.2) son básicamente no comerciables; se evalúan según su costo de oportunidad. En algunos casos, se tratará del precio del mercado. Cuando se presentan distorsiones (debido al régimen de tenencias), se empleará un precio sombra apropiado, como se ha tratado anteriormente.

Otros insumos ya sean negociados o comerciables, tienen que ser evaluados de acuerdo con su costo de la oportunidad verdadera. Tómese en consideración un ejemplo donde se implican cuatro insumos: Gasolina importada, postes de madera, palas producidas localmente, topadoras importadas. Se asume que estos insumos caen dentro de las categorías de A a D en la Figura 6.2, y cada una viene evaluada de acuerdo con su impacto sobre el cambio de divisa o sobre los recursos disponibles para el resto de la economía. Por ejemplo:

- (1) Gasolina sin cuota de importación, y por lo tanto entra en la categoría A para los insumos. La medida del valor económico correcto es la voluntad de pago (v.d.p.) para los bienes y servicios que habrían sido importados con la divisa externa usada para importar la gasolina. En un mercado competitivo, con precios en equilibrio, el precio de mercado de la gasolina refleja esta medida del valor.
- (2) Los postes de madera se producen localmente pero podrían haber sido exportados en el caso de no usarse en el programa de construcción de terrazas (categoría de insumos B). Como en el caso de la gasolina, la medida del valor apropiado es la v.d.p. para bienes y servicios que se hubieran adquirido con la divisa externa ganada por la exportación de los postes de madera. Los precios de mercado de exportación mundiales para los postes de madera, FOB, son por lo tanto el precio apropiado.
- (3) Las palas son producidas por una pequeña industria local y el país ni importa ni exporta palas (categoría de insumos C). En este caso, se usa la medida del costo de la oportunidad; esta medida valúa el cambio de la producción local de otros bienes como resultado de la producción de palas. Si los mercados son competitivos y en equilibrio, los precios de mercado directo reflejarán este cambio.
- (4) Las topadoras se importan y son controladas por una cuota (categoría de insumos D). Los insumos por topadoras en el terraceo reducen la disponibilidad de las topadoras en otros sectores de la economía. La medida del valor apropiado es por lo tanto el costo de la oportunidad del uso de las topadoras en otros sectores de la economía. Si los mercados domésticos son competitivos y en equilibrio, los precios de mercado local para los servicios de topadoras reflejarán este costo de la oportunidad (c.o.).

En cada uno de los casos indicados anteriormente, puede potencialmente usarse un precio de mercado sea doméstico que internacional, para reflejar el valor económico del insumo. Sin embargo, si existen distorsiones, tendrán que usarse precios sombra apropiados (discutidos en la Sección 6.1).

#### 6.5 Evaluación de beneficios de ordenación de cuencas (ver AEPF, Capítulo 7)

Los beneficios aquí tratados son los que se indican al pie de las Figuras 2.3, 4.1, 4.3 y 5.1. Ellos derivan del análisis "con y sin" discutido anteriormente e incluyen lo siguiente:

1. Aumento en las cosechas (o pérdidas de cosechas evitadas)
2. Reducción de cosechas o mayores cosechas renunciadas (beneficio negativo)
3. Aumentos en el transporte - navegación - (o pérdidas de transporte evitadas)
4. Aumento de pesca (o pérdidas evitadas de pesca)
5. Mayor uso de llanura inundada (o pérdidas por inundación evitadas)
6. Mayor uso de energía hídrica (o costos de excavación evitados, dependiendo de la situación del caso)
7. Mayor empleo de agua doméstica o industrial (o pérdidas de uso de aguas evitadas)
8. Mayores salidas (o costos de tratamiento de agua evitados, o costos de atención sanitaria evitados).

Estas ocho categorías de bienes y servicios representan los principales beneficios potenciales de los proyectos de ordenación de cuencas. Estos beneficios (o costos evitados) pueden todos ser ubicados en las categorías de valuación económica presentada en la Figura 6.3. Sin embargo, la apropiada categoría de salida dependerá de la situación actual

en cada país o región. No todos los beneficios se hallarán en todas las cuencas ni todos los beneficios potenciales se concretarán de hecho. Por ejemplo, el primer beneficio elencado anteriormente se trata del aumento de la producción de cosecha. De acuerdo con la situación, este aumento de la producción de cultivo podrá ser evaluado en diferentes maneras:

- (1) Si no hay comercio externo para el cultivo tratado, categoría I para las salidas, todo aumento en la oferta doméstica es la categoría apropiada, y la medida de valor apropiado es, como se indica, la v.d.p. del consumidor para dicho bien.
- (2) Si el producto cultivado es actualmente exportado, la correcta entonces es la categoría III para las salidas, una exportación, y la medida del valor económico se relaciona con la divisa externa ganada y con los bienes y servicios adquiridos con dicha divisa externa adicional.
- (3) Si el producto de cultivo es actualmente importado, (categoría IV para las salidas), cualquier sustituto de la importación es el valor correcto, y de nuevo la divisa externa disponible para otros bienes y servicios es la medida apropiada del valor.

Como se ha indicado en este sencillo ejemplo, la valuación de los beneficios tiene dos componentes discretas: La identificación del tamaño y el tipo de beneficio, y el uso de la medida de valor apropiada. Empleando el esquema de la Figura 6.3 y los conceptos de la voluntad de pago (v.d.p.) y del costo de oportunidad (c.o.) el analista debería poder elegir la medida del valor económico apropiada.

#### 6.5.1 Inicio del proceso de valuación

Una forma de comprender el proceso de la evaluación es la de mirar a los dos elementos más tangibles en la mayoría de los proyectos de ordenación de cuencas - el suelo y el agua - y tomar en consideración la variedad de formas por las cuales ellos pueden ser valuados. Como se ha ilustrado en la Figura 2.3, la mayor parte de los efectos físicos de los proyectos de ordenación de cuencas puede ser seguida ya sea por los cambios en la erosión y movimientos del suelo como por los cambios de la cantidad y calidad del agua.

Los cambios de la erosión del suelo - la liberación de partículas del suelo y su movimiento en el ambiente agua (o vientos) - tienen varios efectos, ya sea aguas arriba que aguas abajo, como se ha visto en el Capítulo 5. Estos efectos pueden ser evaluados por ambos puntos de vista, de beneficios o de costos. Este ejemplo ilustrará cómo los diferentes efectos explicados en la Figura 2.3 pueden ser evaluados. A veces, puede emplearse más de una técnica, y la decisión final sobre de qué técnica emplear dependerá de la disponibilidad de datos y de tiempos y del criterio del analista.

#### 6.5.2 Evaluación de los efectos relacionados al suelo

Cambios en la erosión del suelo afectan la productividad del mismo. En este caso, se supone que el proyecto de ordenación de cuencas se proyecta para reducir la erosión en los campos agrícolas de tierras altas. El efecto primario es de estabilizar el suelo superficial (Figura 2.3), pero el proyecto tendrá también un efecto sobre las corrientes de agua y la calidad del agua.

En general, aguas arriba, los efectos de la erosión del suelo en el fundo se evalúan mejor siguiendo el camino del cambio de productividad. Se trata de una técnica de precio de mercado que reposa sobre la información sobre valor de mercados de la producción agrícola. Abundantes estudios han indicado que existe una correlación directa positiva entre la profundidad del suelo superficial y los rendimientos de cultivo. Todo cambio en los ritmos de erosión por lo tanto tiene efecto directo sobre la productividad en el fundo (Sfeir-Younis, 1985). Una mayor erosión del suelo es un beneficio perdido, una menor erosión del suelo es un beneficio. Debería señalarse que la erosión del suelo no tiene siempre por resultado la declinación inmediata de los rendimientos de la cosecha. En áreas con un suelo profundo y productivo la erosión puede tener que producirse durante muchos años antes de que haya un cambio de productividad.

Los procedimientos sobre cambios de productividad se emplean comúnmente para evaluar las pérdidas de suelo, y tienen el mérito de ser bastante simples, directamente observables y medibles, y usan los precios de mercado. Un análisis con-y-sin permitirá que el analista comprenda la diferencia de la situación con y sin el proyecto.

Otra técnica de precio de mercado para evaluar los efectos en el fundo es la de reposición de la pérdida o del gasto evitado. En este caso, el beneficio del control de erosión del proyecto de ordenación de cuencas se evalúa en términos de ahorros sobre los fertilizantes que anteriormente se requerían para mantener la producción a un cierto nivel. Si se controla la erosión y menos sustancias nutritivas y menos suelo superficial resulta lavado, menor cantidad de fertilizante será necesario para conservar la fertilidad. El valor de este ahorro en fertilizante es una medida del beneficio por reducir la erosión.

Estos dos juegos de enfoques imponen diferentes cuestiones. El primero presupone que los rendimientos pueden declinar a mayor erosión y, por lo tanto, sigue un análisis de con o sin para evaluar los cambios en la producción. La segunda técnica presupone que los rendimientos son constantes, pero que sin medidas de control de erosión crecientes cantidades de sustancias nutritivas para los cultivos y otros insumos son necesarias para mantener el nivel de producción (ver Figura 3.2). En todos los casos una reducción en la erosión es en otra forma beneficiosa. La textura del suelo, la capacidad de retención de la humedad y el balance micronutritivo mejorará si la erosión decrece. El suelo es mucho más que un simple medio nutritivo y soporte para las raíces, en todo caso, y por lo tanto no puede ser completamente reemplazado o compensado por el agregado de fertilizantes NPK. Ambas técnicas de evaluación dan una estimación mínima de los verdaderos beneficios por retener el suelo sobre el terreno.

Como se ha indicado en el Capítulo 5, pueden presentarse otros efectos relacionados con el suelo fuera del fundo, siendo aún designados por efectos aguas arriba. El suelo erosionado puede ser depositado sobre campos vecinos; si esta deposición provoca cambios en la productividad estos también pueden ser evaluados en términos de cambio de productividad y gastos evitados, procedimientos indicados anteriormente. Si una erosión extensiva en el pasado ha tenido por consecuencia cambio en los valores de la tierra ya sea para los campos que envían o reciben la erosión, pueden emplearse estos valores para estimar los valores o costos futuros de las medidas de reducción de la erosión. Se trata de un ejemplo del enfoque de un precio de mercado subrogado: Se emplean los cambios en los precios de la tierra, un bien comerciable, para reflejar los cambios de productividad o calidad de la tierra. Obviamente, deberá conocerse el cambio de la productividad y su reflejo sobre el valor de la tierra para que este enfoque sea válido. En la medida en que estos valores de la tierra pueden obtenerse, ellos pueden proporcionar cierta información útil sobre los cambios de productividad física así bien como sobre la calidad global ambiental de la tierra. Los valores de la tierra por lo tanto reflejan, por un lado los efectos tangibles, directamente medibles (como se refleja en la producción) y por el otro lado componentes de calidad ambiental intangibles, pero a menudo igualmente importantes.

Otro juego de costos relacionados a la ordenación de cuencas aguas arriba incluye daños que aparecen (o pueden ser evitados) en los sistemas de riego, caminos, puentes y otras propiedades reales. Así mismo, estos daños pueden ser evaluados de diferentes maneras: El costo del reemplazo, gasto de reparación o de mitigación, que es un enfoque de precio de mercado (p.e., excavar un canal de riego colmado por barro); los costos de gastos preventivos para evitar de encontrarse con estos cambios (p.e., la instalación de filtros especiales para retener el sedimento y que no entren en los sistemas de riego o de agua doméstica); los costos de reubicación de las instalaciones (p.e., reubicación de puentes o caminos para evitar daños por inundaciones); y cambios en el valor de la propiedad.

En cada caso se identifica y luego se evalúa un efecto físico, usando por lo general los precios de mercado. Muchos otros costos asociados con la erosión del suelo tienen lugar más abajo en la cuenca. Estos efectos negativos incluyen la sedimentación en las represas y en los sistemas de riego, daños en los capitales en equipo (turbinas de agua), daños en la calidad del agua para la disponibilidad agrícola y doméstica del agua, inundaciones y efectos en la navegación. Estos vienen agrupados en las diversas categorías que se elencan al inicio de esta sección y en la Figura 2.3.

Los costos de estos efectos, y los beneficios derivados de prevenir efectos negativos, pueden ser evaluados de diferentes maneras. Un camino es de mirar a los costos de la

prevención de daños, otro camino es el de mirar a los costos de reemplazo, mientras que otro examina los costos de realizar cambios en las fuentes del agua. El ejemplo siguiente ilustra estos procedimientos de evaluación.

La rápida erosión lleva a la sedimentación de una represa. La vida de la represa resulta así reducida si se la compara con la vida útil esperada sin la deposición adicional de sedimentos. Si se reduce la erosión por un plan de ordenación de cuencas, ¿Cómo se evalúan los beneficios relacionados con la represa? Existen varios caminos pero cada uno se inicia con un uso económico observado para la represa y estima el valor de un cambio en el ritmo de uso (concepto de flujo) o la cantidad total disponible para tal uso (concepto de stock). Entre los usos se tiene lo siguiente:

(1) Se genera potencia hidroeléctrica. La reducción en la capacidad de almacenamiento y un flujo reducido significan menos potencia generada (un costo); más suelo en el agua significa mayor desgaste en la turbina y su reemplazo (un costo) o mayores desperfectos (un costo). Una menor producción de potencia hidroeléctrica puede requerir un mayor empleo de generadores a petróleo a mayores costos unitarios (en este caso, el costo implicado es el gasto extra por generar energía con generadores a diesel si se lo compara con los costos de generación de potencia hídrica). En cada caso, el costo potencial se transforma en un beneficio si puede ser evitado o reducido (ver Encuadre 6.1).

Encuadre 6.1 Ejemplo de evaluación de ordenación de cuencas en término de menores costos de transporte y renunciación de fuerza hidroeléctrica generable: Cuenca del Canal de Panamá 1/

La represa del Lago Alajuela, situada dentro de la cuenca del Canal de Panamá, juega un papel crucial en la economía del área. La represa proporciona agua para el funcionamiento de las compuertas del Canal y para la producción de potencia hidroeléctrica. En los últimos años, la conversión del bosque natural en otros usos de la tierra (pastoreo y agricultura) en las cuencas altas, ha aumentado los ritmos de sedimentación en la represa dramáticamente, amenazando por lo tanto su productividad económica a largo plazo.

El valor del almacenamiento vivo 2/ en el Lago Alajuela perdido por sedimentación se ha estimado calculando las alternativas de menor costo que provean estos servicios. La alternativa de menor costo para mantener las operaciones del Canal según la Compañía del Canal de Panamá, es de ahondar de tres pies el Canal para barcos por dragado, proporcionando por lo tanto 370 millones de metros cúbicos (MMm<sup>3</sup>) adicionales de almacenamiento a un costo de US\$27,5 millones (US\$8 950/MMm<sup>3</sup>)/año al 12%).

Para la generación de energía, la alternativa del menor costo es el uso de combustibles fósiles. La Compañía del Canal estima que un acre-pie de almacenaje proporciona 130 KW valuados en US\$0,05/KW, que es el costo alternativo de generar energía combustibles fósiles: La resultante es un valor de US\$6,50 por acre-pie ó US\$4 975/MMm<sup>3</sup> almacenado.

El valor anual combinado del almacenaje vivo en el Lago Alajuela es de US\$13 925 x MMm<sup>3</sup>. Este valor para el almacenamiento vivo del Lago Alajuela ha sido usado por los analistas planificadores para estimar el valor de la reducción de sedimentos bajo diversas opciones de ordenación de cuencas.

1/ USAID, Documento de Proyecto, Ordenación de la Cuenca del Canal de Panamá.

2/ Los expertos estiman que el 65% de la represa es almacenaje vivo con 35% muerto. La sedimentación fue prorrateada según estos porcentajes.

(2) Se proporciona agua de riego. Un aumento en los sedimentos puede requerir cámaras de decantación de barro (un costo), la limpieza más frecuente de los canales de riego (un costo), o la menor productividad del agua entregada (un costo). Si las aguas recargadas de lodo dan una mayor productividad, se tratará de un beneficio (como en el delta del Nilo). Si en el total se entrega menos agua y disminuye la superficie cultivada bajo riego y la producción, se trata entonces de un costo.

(3) La protección contra la inundación es otro beneficio comúnmente citado de los proyectos de diques y represas. Estos beneficios pueden evaluarse empleando los daños por inundación evitados (procedimiento de un precio de mercado) o cambios de valores de la tierra o valores de la propiedad en las áreas amenazadas (un procedimiento de mercado subrogado). Si por la sedimentación se genera un mayor período de aguas liberadas a la inundación y mayores niveles de daños, éstos serán correctamente contabilizados como costos de la misma manera como los menores daños por inundación serán contabilizados como beneficios.

Es muy importante evitar una doble contabilización de beneficios o costos. La doble contabilización surge cuando un impacto viene evaluado y contado dos veces - en el ejemplo de la protección contra la inundación, los beneficios de menores inundaciones pueden ser estimados examinando los daños evitados de la inundación, ó los cambios de valor de la tierra ó de la propiedad. No deben contarse los dos, puesto que los menores daños por inundaciones serán probablemente el motivo de los mayores valores de la propiedad. Por lo tanto, los cambios de valores para la tierra o para la propiedad incorporarán las reducciones de los daños por inundación.

La erosión del suelo y la sedimentación pueden también tener efectos de largo alcance. Una turbidez mayor puede afectar la producción de la pesca en los ríos, represas y áreas litorales. Pueden evaluarse estos cambios en la producción pesquera en el curso del tiempo usando precios de mercado o precios subrogados de mercado.

Este tipo de efecto lleva a la segunda preocupación física principal - calidad y cantidad del agua.

### 6.5.3 Evaluación de los efectos relacionados con la calidad y cantidad de agua

En muchas formas los problemas hallados y las técnicas de evaluación empleadas para evaluar los cambios de la cantidad y calidad del agua son muy similares a los efectos relacionados con el suelo que se mencionaron anteriormente. Un mayor contenido de sedimentos en el agua afectará la calidad del agua. Existen otros tipos de efectos que tienen que ser considerados.

La calidad química del agua puede ser afectada por la erosión y la sedimentación. Si el suelo erosionado o el escurrimiento superficial recolectan una gran cantidad de productos químicos agrícolas, puede tenerse una variedad de efectos costosos. Los productos químicos pueden llevar a la mortandad de peces, a una producción agrícola menor en las tierras irrigadas, o dispersiones de algas en las represas y cursos de agua. Se tratan todos de costos y pueden ser evaluados en términos de productividad o de costos preventivos o de mitigación.

Los cambios en la calidad del agua pueden afectar también los valores de la propiedad a lo largo del cuerpo de agua. Así mismo, debe cuidarse de evitar la doble contabilidad de los efectos de la productividad y su reflejo en valores de propiedad. El aumento en la morbilidad o de la mortandad puede ser evaluado por el camino de los subrogados de mercado que examinan las ganancias perdidas o los suéldos diferenciales. Hufschmidt et. al. (1983) describe con detalle todas estas técnicas.

Cambios en la cantidad de agua pueden ser causados por ciertas prácticas de cuencas. La construcción de una gran cantidad de pequeñas lagunas en las tierras altas puede reducir el flujo de las corrientes por mayores pérdidas por evaporación. La reforestación puede reducir la cantidad anual de flujo de agua porque los árboles tienen mayores pérdidas por evapotranspiración que la mayoría de otros tipos de cobertura vegetal. Las disminuciones en la cantidad de agua tienen costos asociados (menor cantidad de agua disponible para los usuarios de aguas abajo) y beneficios (p.e., la producción de peces en pequeñas lagunas, o la producción de madera de áreas reforestadas). Para valuar estos beneficios y costos el análisis económico puede usar técnicas basadas sobre apropiados precios de mercado.

Los cambios de cantidad y calidad del agua pueden también provocar cambios onerosos en las fuentes de agua doméstica. Estos costos pueden derivarse de las instalaciones de tratamiento (un gasto preventivo), reubicación de las tomas de agua o fuentes, o mayor morbilidad o mortalidad (varios caminos de subrogado de mercado) mencionados anteriormente.

Resumiendo, hay una amplia gama de efectos posibles que arrancan de un proyecto de ordenación de cuencas. Estos efectos pueden relacionarse a cambio de la calidad o cantidad de suelo o agua (sea superficial que aguas profundas) en la cuenca. Debido a la simetría implicada (un costo evitado es un beneficio, de la misma manera que un beneficio renunciado es un costo), hay muchas maneras de evaluar los cambios en la calidad ambiental y en la producción implicada en un proyecto de ordenación de cuencas. La elección dependerá sobre premisas que se refieren a si el proyecto sustituirá la existente disponibilidad de recursos o si será un aditivo a la disponibilidad total en la economía.

#### 6.5.4 Consideraciones especiales para evaluar beneficios de cuenca

Muchos de los beneficios que derivan de los proyectos de ordenación de cuenca no tienen una fácil evaluación. Si bien no se discutirá en detalle todos aquellos beneficios, deberá por lo menos hacerse una breve discusión aquí puesto que pueden representar para quienes toman decisiones, importantes salidas del proyecto.

Algunos efectos de los proyectos pueden ser cuantificados pero no evaluados. La diversidad genética es un ejemplo de este tipo de efectos. Por ejemplo, si se construye un cierto dique, se producirá una pérdida de habitat para algunas especies cuando se rellena la represa. Presumamos que hay una sola especie de pájaro que no se halla en otras partes del mundo, y que pueda extinguirse por esta operación. En este caso, el efecto puede ser cuantificado (la extinción de una especie), pero la evaluación resultará muy difícil sino imposible. En este ejemplo, se conoce la pérdida de especie; en otros casos la pérdida puede ser no conocida. Por ejemplo, muchos bosques son genéticamente ricos y diversificados. Puede haber especies de plantas con importantes usos medicinales, pero aún no reconocidos, que pueden perderse totalmente cuando se rellena la represa.

En los casos donde los beneficios no pueden ser valuados en términos monetarios, puede emplearse un análisis de costo-precio o efectividad del costo para aclarar un poco los aspectos económicos del proyecto o de la actividad. Por lo tanto, pueden calcularse los costos para diferentes vías para alcanzar los mismos niveles de protección de la diversidad genética. Si un curso es decididamente más económico que otros ( y los beneficios son los mismos), entonces esta información proporciona datos útiles para la toma de decisiones. En muchos casos, debido a los problemas asociados con la cuantificación de costos y beneficios de la cuenca, una sencilla evaluación cuantitativa es todo lo que puede realizarse. En este caso un elenco de efectos no evaluados puede aún proporcionar información útil para quienes toman decisiones.

## CAPITULO 7

### COMPARACION DE COSTOS Y BENEFICIOS - MEDICION DE LOS MERITOS DEL PROYECTO

#### 7.1 Introducción

Estas pautas se orientan hacia proyectos y las preguntas que están siempre presentes son dos muy sencillas: ¿Merece realizarse el proyecto propuesto?, y ¿Resulta el proyecto ser mejor que otras alternativas disponibles? Diferentes puntos derivan de todo esto:

- . Las preocupaciones principales son sobre sí el proyecto propuesto es o no, ya sea deseable (algo que merece ser hecho), sea eficiente (un mejor camino para alcanzar una cierta meta que si se siguiera otro procedimiento).
- . Cuando los recursos son limitados, no todos los proyectos pueden ejecutarse y tienen que hacerse elecciones entre alternativas.
- . Mientras que la economía es un camino poderoso para organizar la información, para hacer preguntas y para sugerir cambios, no puede ubicar todos los factores que son o deberían ser de preocupación.
- . Este Capítulo se concentrará sobre consideraciones especiales que surgen en la evaluación de proyectos de ordenación de cuencas desde un punto de vista económico. Los aspectos más estándar de la apreciación de proyectos se discuten en muchas publicaciones, incluyendo AEPF para los proyectos forestales y Gittingel (1982) para proyectos agrícolas.

#### 7.2 Evaluaciones de cuestiones de interés

En el Capítulo 2, se han mencionado cinco preguntas consideradas generalmente relevantes para quienes toman decisiones. Estas cuestiones para cada proyecto alternativo son:

- (1) ¿Son los beneficios económicos mayores que los costos?
- (2) ¿Cuál es el posible impacto presupuestario para las agencias o las entidades privadas implicadas?
- (3) ¿Serán los proyectos atractivos para todas las entidades privadas (p.e., propietarios de tierras arriba) que tendrán que aportar recursos en el proyecto para que funcione?
- (4) ¿Cuáles son los impactos en la distribución de ingresos de las actividades de ordenación de cuencas incluidas en el proyecto?
- (5) ¿Aumentará el proyecto la estabilidad económica de la región afectada?  
¿Tendrá impacto sobre balanza de pagos?

Las preguntas 2, 3 y 4 se discuten en la Sección 7.3, la pregunta 1 se discute en la Sección 7.4 y la pregunta 5 en la Sección 7.5. Finalmente la Sección 7.6 analiza los costos y beneficios no monetarios.

#### 7.3 Análisis usando solamente precios para bienes y servicios comercializados

Como se ha mencionado previamente, los precios de mercado son atractivos para su uso en el análisis económico puesto que ellos usualmente derivan de acciones libres de muchos individuos y por lo tanto reflejan la voluntad de pago. Si bien los precios de mercado resultan a veces distorsionados por intervenciones del gobierno, externalidades, o elementos de monopolio, ellos afectan directamente varias decisiones del proyecto. Por lo tanto, la apreciación de todo proyecto de ordenación de cuenca requerirá un cierto análisis basado sobre bienes y servicios comercializados.



### 7.3.1 Implicaciones presupuestarias del flujo de caja del sector público

El tesoro normalmente requiere análisis presupuestarios con el uso de precio de mercado. Requerirá un análisis para un proyecto propuesto en términos de qué es lo que ingresa al tesoro y qué es lo que sale. Puesto que la mayoría de los proyectos de ordenación de cuenca implica, desde el punto de vista del gobierno, casi enteramente costos financieros, el análisis presupuestario indicará normalmente un flujo de caja negativo. En algunos casos, varios costos de mitigación o preventivos que se evitan por la presencia del proyecto (tales como las excavaciones de canales o zanjas, purificación del agua, o la reconstrucción de infraestructura dañada por la inundación), pueden ser contabilizados como "beneficios". El análisis del flujo de caja se hace usando precios de mercado. No es un análisis que emplea precios económicos; que será discutido en la Sección 7.4.

El análisis presupuestario con el uso de precio de mercado es útil para indicar el tamaño de los recursos financieros necesarios por parte del tesoro para ejecutar el proyecto propuesto. Dado que no es un análisis económico, no proporciona suficiente información sobre el beneficio o el valor del proyecto para quien toma decisiones, para permitirle tomar una decisión documentada con respecto a los méritos del proyecto. Esto último requiere un análisis económico.

### 7.3.2 Implicaciones financieras para las entidades privadas

Un análisis presupuestario basado sobre el mercado, o un análisis de flujo de caja, no proporciona suficiente información a las entidades privadas - por ejemplo, un finquero o una empresa - para permitirles de tomar decisiones. Puesto que las entidades privadas se preocupan por cierto de sus costos y sus retornos, deberán usar precios de mercado (ver Cuadro 2.1).

Los resultados del análisis financiero son cruciales por tres fundamentos precisos: (i) el programador o analista del gobierno tiene que saber si el proyecto o la actividad que se propone serán o no atractivos para aquellas entidades privadas que tienen que invertir recursos en el proyecto para que sea funcional (no es válido un proyecto que no se ejecuta); (ii) la información derivada de un análisis de flujo de caja puede usarse para desarrollar información necesaria para proyectar adecuados incentivos o situaciones impositivas que ayuden a asegurar la ejecución del proyecto; y (iii) la misma información se necesita para los fines del presupuesto.

Al desarrollar situaciones apropiadas incentivadas, tienen también que considerarse una cantidad de aspectos institucionales, inclusive los que se refieren a la tenencia de la tierra y a la distribución de costos entre las regiones (los usuarios de tierras aguas arriba generalmente enfrentan costos de ordenación de cuenca mientras la población aguas abajo se beneficia, requiriéndose por lo tanto alguna mecánica de transferencia). Debe también considerarse la capacidad de absorción del gobierno y de las instituciones locales para manejar aumentos en las inversiones. La Guía de Conservación No. 10 de la FAO discute los asuntos relativos con los incentivos y la Guía de Conservación No. 8 de la FAO trata de los asuntos que se refieren a la participación de las comunidades de montaña en la ordenación de las cuencas de tierras altas. Por lo tanto este tema no se tratará ulteriormente en esta Guía.

### 7.3.3 Implicaciones en la redistribución de ingresos

La mayoría de los proyectos de ordenación de cuenca tiene efecto sobre la redistribución de ingresos - se emplea dinero del tesoro para contratar mano de obra, comprar insumos y tierras, y abonar gastos administrativos. Además, si el proyecto tiene efectos importantes sobre la productividad, estos también se traducen en ingresos cuando se compran, venden o consumen los bienes de servicios.

Los formuladores de decisiones se preocupan con frecuencia sobre los efectos de un proyecto en la redistribución de ingresos, especialmente si la gente que vive en el área del proyecto es muy pobre o políticamente frágil. El analista puede estimar la cantidad de dinero fresco que ingresa en la región gracias al proyecto; es también posible determinar quienes posiblemente son los principales receptores de estos recursos. Obsérvese que este análisis observa los beneficios y costos del proyecto en términos de precio de mercado. Estos precios incluyen los subsidios y los impuestos. Por ejemplo, los obreros

reciben sueldos en dinero, y no los precios sombra para la mano de obra que pueden ser usados en el análisis económico. Puesto que los trabajadores gastan también dinero (y no "dinero sombra") es apropiado usar los precios de mercado cuando se analizan las implicaciones de la redistribución de beneficios.

Como tal, el análisis basado sobre el mercado describe los flujos reales de recursos en la economía y en el área del proyecto. Dicho análisis debería hacerse como parte de la evaluación del proyecto de cuenca. No dice si los efectos son eficientes, equitativos o aún deseables. No dice tampoco nada sobre efectos externos de las acciones de quienes toman decisiones. Ello corresponde al papel apropiado del análisis económico y para las consideraciones políticas.

#### 7.4 Análisis de la eficiencia económica

Esta Sección trata del análisis de la eficiencia económica incluyendo bienes y servicios no comercializados y el uso de precios sombra para reflejar la verdadera voluntad de pago y costos de la oportunidad. En los Capítulos 3 a 6 se ha ya discutido la identificación y evaluación de los bienes y servicios sin mercadeo (p.e., erosión del suelo, sedimento, calidad del agua).

##### 7.4.1 Derivación de cuadros de flujo de valor y tratamientos de los pagos de transferencia

Un cuadro de flujo de valores es el equivalente en análisis económico del cuadro de flujo de caja financiero - hace el elenco de beneficios y costos del proyecto año por año durante el período bajo análisis. El Cuadro 7.1 ofrece un ejemplo de un cuadro de flujo de valores, derivados multiplicando insumos y salidas físicas (Capítulos 3-5), valores derivados con el tiempo (Capítulo 6). Tienen que señalarse algunos puntos importantes:

- (1) Los precios de la eficiencia económica se usan en todo el análisis; a veces los precios de mercado serán medidas adecuadas para ello; en otros casos, se usarán precios sombra, o los precios determinados usando los métodos de evaluación descritos en el Capítulo 6.
- (2) Los pagos de transferencia (p.e., impuestos y subsidios) no son costos económicos, y como tales, no se incluyen en los cuadros de flujo de valores.

Cuadro 7.1 Valor actual de US\$100 recibidos en años futuros con cuatro tasas de descuento

Tiempo (Año)	Tasas de descuento			
	2%	5%	8%	10%
0	US\$100,00	US\$100,00	US\$100,00	US\$100,00
10	82,03	61,39	46,32	38,55
20	67,30	37,69	21,45	14,86
25	60,95	29,53	14,60	9,23
40	45,29	14,20	4,60	2,21
60	30,48	5,35	0,99	0,33
100	13,88	0,76	0,05	0,01

Nota: Diferentes combinaciones de tasas de descuento y tiempos darán los mismos valores actuales de cierta cantidad de dinero recibida en el futuro. Por ejemplo, un valor actual de US\$14-15 se obtiene de un beneficio de US\$100 recibidos 100 años en el futuro, con una tasa de descuento del 2%; con una tasa de descuento del 5% el valor presente de US\$100 baja a US\$14 en el tiempo de 40 años; con una tasa de descuento del 8% la caída a US\$14 tiene lugar a solo 25 años en el futuro, y con la tasa de descuento del 10% toma solamente 20 años (ver línea punteada sobre el cuadro).

- (3) Todos los precios son en unidades monetarias reales o constantes. La inflación no esta incluida. Las únicas veces que los precios pueden ser ajustados en el tiempo es cuando el analista espera que los precios relativos cambiarán con el tiempo (lo que será explicado con más detalle).
- (4) Deberán incluirse en los cuadros de flujos de valores todos los costos y beneficios cuantificables del proyecto, sobre el taller y fuera del lugar.

Los resultados del análisis económico, por lo tanto, se determinan en gran parte por lo que esta incluido en el cuadro de flujo de valores. En el Capítulo 1 se había discutido el establecimiento de los límites físicos. De igual importancia es la decisión sobre el límite temporal apropiado, o sea sobre cuántos años incluir en el análisis. De nuevo, existe una diferencia entre los análisis financieros y económicos de un mismo proyecto. Un análisis financiero cubrirá por lo común la vida física útil del proyecto, mientras que un análisis económico incluirá esto y con frecuencia más. Puesto que el análisis económico mide los beneficios y los costos para la sociedad, éstos deberán ser contados por todo el tiempo en que tiene lugar. Por ejemplo, un proyecto en tierras altas ha sido diseñado para tener una vida física útil de 20 años en términos de producir una salida, pero existen costos ambientales asociados que continúan 10 años después de la finalización del proyecto; ¿Cuál es el adecuado horizonte cronológico? Un análisis financiero incluirá solamente los 20 años mientras que el análisis económico deberá incluir un total de 30 años. En realidad, sin embargo, las prácticas de ordenación de cuencas deberían ser diseñadas para ser sostenidas durante un período indefinido de tiempo. Siempre que se usen sanas prácticas de conservación de suelos y de agua, los beneficios deberían continuar.

Si no hay grandes efectos ambientales que se extienden más allá de la vida física del proyecto, son entonces importantes dos factores en la selección del horizonte cronológico apropiado: (1) la vida útil esperada para el proyecto en términos del rendimiento de salidas por el cual ha sido diseñado, y (2) el nivel de las tasas de descuentos empleadas en el análisis económico del proyecto. Con respecto al primer factor, cuando las salidas utilizables del proyecto disminuyen o cesan completamente, la vida efectiva del proyecto puede entonces considerarse por terminada. Con respecto al factor de la tasa de descuento, cuanto más alta es la tasa, tanto más corto será el horizonte cronológico económico. Ello sucede porque las tasas de descuento actúan en forma progresiva reduciendo el valor actual de un determinado beneficio (o costo) cuanto más alejado en el futuro dicho beneficio o costo se produce. De esa manera, para un proyecto con una vida útil larga en términos de producciones o salidas (supóngase 100 años) pero con una elevada tasa de descuento (supuesta del 10%), el horizonte cronológico efectivo usado sería mucho más breve que los 100 años, puesto que US\$10 000 recibidos dentro de 100 años valen hoy solamente US\$1 (ver Cuadro 7.1).

En el caso en que los beneficios o costos ambientales de un proyecto se extiendan mucho en el futuro, estos beneficios y costos deben incluirse en el análisis. Solo porque el proyecto ha terminado administrativamente, no significa que estos beneficios o costos pueden ser ignorados. En la práctica, sin embargo, el descuento y el deseo de simplificar los cálculos llevan con frecuencia a optar por horizontes cronológicos más breves; para proyectos de ordenación de cuencas, un lapso de tiempo de 20-30 años debería ser adecuado para captar la mayoría de los beneficios y costos. Si el desarrollo forestal es una componente principal, puede requerirse un lapso de tiempo aún más largo.

Cuando se hacen los análisis económicos surgen varios errores comunes. Un error común es la doble contabilidad de beneficios o costos (ver su discusión en el Capítulo 6). Otro error común es el de incluir pagos de transferencia. De la misma manera como el análisis económico ajusta a veces los precios para reflejar la voluntad de pago o el costo de la oportunidad, los costos financieros del proyecto se ajustan también para eliminar los pagos de transferencia. Los pagos de transferencia dentro del país son costos financieros reales (y se incluyen en los cuadros de flujo de caja), pero no representan la producción real de bienes y servicios. Ellos sencillamente "transfieren" un reclamo sobre los recursos (bajo la forma de moneda) entre un individuo y otro.

Los pagos de transferencia se presentan de varias formas: Los impuestos o subsidios transfieren riqueza desde un grupo a otro y simplemente transfieren el control sobre recursos sin cambiar el stock de los recursos. De la misma manera, un cuadro de flujo de

valores para un análisis económico carga la inversión de capital completamente al año en que tiene lugar; los pagos de intereses son un costo financiero, un pago de transferencia desde el prestatario a el prestador. Por lo tanto, cuando ambos pertenecen al país no vienen incluidos en el análisis económico.

#### 7.4.2 Medidas del valor del proyecto

Una vez que se ha fijado el cuadro de flujo de valores, deben evaluarse las corrientes de beneficios y costos para comparar proyectos alternativos. El análisis beneficios-costos es una manera sistemática de hacer esta comparación. En la práctica, existen tres medidas principales de valor usadas en el análisis beneficios-costos: Bien Presente Neto (BPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficios-Costos (relaciones B/C). Las tres se calculan usando los mismos datos y premisas (con la excepción de que no se emplea la tasa de descuento en el cálculo TIR). Aún así, los tres pueden dar diferentes rangos si se examinan proyectos alternativos. Primero, sin embargo, se analizará un repaso rápido de las tres medidas.

El Bien Presente Neto (BPN). Conocido también por Valor Presente Neto (VPN), esta medida se basa sobre el deseo de determinar el valor actual de los beneficios netos derivados de un proyecto. Si la meta del análisis es de determinar la contribución total neta (beneficios netos) de un proyecto para la sociedad, el criterio del BPN proporciona una consistente escala de rango entre las alternativas. La fórmula para los cálculos de los BPN es la siguiente:

$$BPN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

donde

$B_t, C_t$  = beneficio o costo en el año  $t$   
 $r$  = tasa de descuento  
 $t$  = tiempo, Año 1 hasta  $n$

Tasa Interna de Retorno (TIR). La tasa interna de retorno se usa frecuentemente en muchos bancos internacionales de desarrollo para evaluar proyectos. Diversamente al caso del BPN o de la relación B/C, la TIR no utiliza una tasa de descuento predeterminada. Más bien, la TIR determina la tasa de descuento que establece el valor presente de los beneficios a la par del valor presente de los costos. O sea, la TIR es la tasa de descuento  $r$  de manera que

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

o también

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

La tasa interna de retorno usa por lo tanto la misma información básica usada para el cálculo del BPN. Si bien no se prescribe una tasa de descuento sino que se determina como resultado del cálculo, ello no elimina el uso de una tasa prescrita de descuento o tasa de interés financiera. En un análisis que emplea la medida TIR, la tasa de retorno calculada se compara con alguna tasa de descuento prescrita para observar si el proyecto es o no atractivo. Por ejemplo, si la tasa interna de retorno calculada es del 15% y el costo de oportunidad para fondo del proyecto es del 10%, el proyecto será económicamente atractivo. Si los fondos del proyecto "cuestan" 18%, sin embargo, el proyecto no será atractivo financieramente. Los análisis de proyectos del Banco Mundial usan con frecuencia un análisis TIR con una tasa de descuento "marginal". Si el TIR calculado cae por debajo de este valor, el proyecto viene rechazado. En otras palabras, el criterio para su aceptación es de que  $TIR \geq$  a la tasa de descuento marginal (ver AEPF, Capítulo 9).

Relación Beneficios-Costos (Relación B/C). La tercer medida es la Relación B/C. Esta relación simplemente compara el valor presente de los beneficios con el valor presente de los costos:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Si la Relación B/C es mayor de 1, el valor presente de los beneficios es mayor que el valor presente de los costos, y el proyecto satisface el criterio de la rentabilidad.

Como debería ser ya evidente estas tres medidas del valor del proyecto están estrechamente relacionadas; no es sorprendente, puesto que emplean los mismos datos para beneficios y costos. Esta relación puede ser verbalmente indicada (Gittinger, 1973), en la forma siguiente:

$$\text{Bien Presente Neto} = \text{Valor presente de los beneficios} - \text{Valor presente de los costos}$$

Tasa Interna de Retorno = A la tasa de descuento resultante cuando:

$$\text{Valor presente de los beneficios} = \text{Valor presente de los costos}$$

$$\text{Relación Beneficios-Costos} = \frac{\text{Valor Presente de los beneficios}}{\text{Valor Presente de los costos}}$$

Estas simetrías se extienden naturalmente a los resultados de los cálculos. Los valores de estas tres medidas tienen las siguientes relaciones:

	BNP	TIR	Relación B/C
Si	> 0	luego TIR ≥ r	y > 1
Si	< 0	luego TIR < r	y < 1
Si	= 0	luego TIR = r	y = 1

A pesar de que el hecho que estas tres medidas emplean los mismos datos básicos y tienen una simetría en sus resultados, es posible que cuando se examina un juego de proyectos alternativos, diferentes criterios de evaluación pueden dar diferentes rangos de proyectos. Ello pone la pregunta de cual criterio (BPN, TIR o Relación B/C) seguir.

Decisión sobre qué criterio seguir. El objetivo económico (la "función objetiva") es el Valor Total Presente Neto; y es lo que se tratará de maximizar para la inversión de escasos recursos disponibles. Por lo tanto, el Bien Presente Neto tiene que ser siempre una parte de cualquier criterio de elección o escalas de rango para la aceptación o rechazo de proyecto o ampliaciones de proyecto (Dixon y Hufschmidt, 1986).

Las mediciones de la Tasa Interna de Retorno - TIR - y la Relación B/C no dan una indicación de la magnitud de los beneficios netos. Como resultado la dependencia ciega sobre ya sea el TIR o la Relación B/C puede fácilmente llevar a un resultado en el cual los beneficios netos totales (y por consecuencia, el bienestar) del proyecto o proyectos elegidos son menores que usando el criterio de Bien Neto Presente.

En los casos donde los proyectos o los incrementos del proyecto no son mutuamente excluyentes, y donde no hay limitaciones de costos, pueden aceptarse todos los proyectos (o incrementos) que rinden valores presentes netos positivos. En los casos donde no todos los proyectos o incrementos pueden ser elegidos debido a limitaciones de costos, el objetivo será seleccionar aquel juego de proyectos o incrementos que rinda el mayor Bien (Valor) Presente Neto total.

Gittinger (1982) encara un análisis comparativo de estas tres mediciones del valor presente y ofrece los resultados en forma tabular. En el Cuadro 7.2, se indica una adaptación del cuadro de Gittinger. En este cuadro se distinguen entre selección del proyecto o rangos bajo tres condiciones: Proyectos independientes sin limitaciones en los costos; proyectos independientes con una limitación global en los costos; y proyectos mutuamente excluyentes. Como se ha indicado en el Cuadro 7.2, para los proyectos independientes sin constricciones en el costo (caso altamente irreal), puede usarse cada una de las tres mediciones para elegir o rechazar los proyectos, puesto que cada una hace una distinción entre el uso eficiente e ineficiente de los recursos. Sin embargo, cuando hay una restricción por costos para proyectos independientes, tales que no todos los proyectos justificados económicamente pueden ser seleccionados, solamente la medición B/C puede dar una correcta graduatoria o rango para la selección del proyecto. Ello viene ilustrado por el ejemplo en el Cuadro 7.3. Se dispone de cinco proyectos independientes. Asumir un costo limitado a US\$300 000. si se tuviera que dar la graduatoria por el bien presente neto - BPN -, como se hace en el cuadro, se elegiría el proyecto A que tiene el BPN más alto y con ellos agotar el presupuesto disponible. Sin embargo, haciendo la graduatoria de B/C, se elegiría B, C, luego E y luego D, gastando el presupuesto de US\$300 000 y creando un BPN total de US\$21 000 en lugar de solo US\$10 000 para A. La razón por la cual el BPN no funciona para graduar proyectos cuando los costos están comprimidos es que el valor presente neto (BPN) no informa sobre los retornos por unidad de factor escaso, en este caso, costo o presupuesto. Para que el ranking sea correcto, tiene que formularse de manera que los costos comprimidos aparezcan en el denominador de la relación.

Para proyectos mutuamente excluyentes (como es el caso de dos o más proyectos que usan el mismo sitio), la medición BPN es la única que llevará siempre a la selección correcta. De nuevo, referirse al Cuadro 7.3 y suponer que las alternativas desde A hasta D son alternativas mutuamente excluyentes y los únicos casos disponibles para una determinada superficie; las limitaciones presupuestarias son aún de US\$300 000 que tienen que ser gastados en el área. Es evidente que en este caso la elección A maximiza el BPN para el área; si se redujera el presupuesto a US\$100 000, entonces ni B ni C serían la elección lógica; A ha dejado de ser una alternativa, dadas las constricciones de costos. Ahora supóngase que todos los valores presentes netos - BPN - en el cuadro se calculan a una tasa de descuento del 10%, y asúmase que se puedan pedir prestados fondos hasta US\$300 000 al 8%. En este caso, se volvería de nuevo a elegir A para esta determinada área. En todos los casos anteriores, se define por selección o graduatoria "correcta" aquella que rinde mayor Bien Presente Neto cuando se agota el factor limitante, por ejemplo, presupuesto, tierra y otros.

Normas más complejas de las anteriores se requerirán para situaciones especiales, tales como la cronología de proyectos, pero no serán discutidas acá. Una buena referencia para este fin es el Capítulo 5 de Helmers (1979). Se darán más adelante algunos ejemplos sobre la aplicación de estos criterios en proyectos reales de ordenación de cuencas.

#### 7.4.3 La tasa de descuento para evaluaciones públicas

El uso del descuento y de sus tasas ha sido ya discutido. Más complicada es la selección de una tasa apropiada de descuento. El descuento presume que la sociedad asigna valor más alto o pone más peso sobre una unidad de costo-beneficio presente que sobre una unidad de costo-beneficio futuro.

Mientras que en el análisis financiero es de uso común una tasa de interés que refleja tasas comerciales para el capital de inversión y de trabajo, y por lo tanto es sensible a las tasas de inflación, la tasa de descuento usada en el análisis económico no es por lo común rápidamente observable en la economía. La tasa de descuento viene de hecho prescrita. Los economistas han considerado una cantidad de procedimientos para determinar y justificar una tasa de descuento. Estas vías incluyen el costo de oportunidad del capital y la Tasa Social de Preferencia de Tiempos (para una explicación más amplia ver Hufschmidt et. al., 1983; Dixon y Hufschmidt, 1986; Gittinger, 1982; y Baumol, 1968).

Cuadro 7.2 Comparación de tres medidas del valor presente

	BPN	TIR	B/C
A. Selección o norma de ranking para:			
1. Proyectos independientes:			
(a) Sin construcciones sobre costos	Seleccionar todos los proyectos con $BPN > 0$ ; no se requiere ranking para el proyecto.	Seleccionar todos los proyectos con TIR con tasa de retorno marginal; el ranking de proyectos no es necesario.	Seleccionar todos los proyectos con $B/C > 1$ ; ranking de proyectos no requeridos.
(b) Constricciones sobre costos	No apta para el rango de los proyectos.	El ranking de todos los proyectos por la TIR puede dar solución incorrecta.	El ranking de todos los proyectos por B/C, donde C se define por costo constreñido, dará siempre un ranking correcto.
2. Proyectos mutuamente excluyentes (dentro de dado presupuesto)	Seleccionar la alternativa con mayor BPN.	La selección de alternativa con mayor TIR puede dar resultados incorrectos.	La selección de alternativa con la mayor B/C puede dar resultados incorrectos.
B. Tasa de descuento	Debe adoptarse una tasa de descuento apropiada.	No se requiere tasa de descuento, pero debe adoptarse tasa de retorno marginal.	Debe adoptarse una apropiada tasa de descuento.

(Adaptación de Gittinger, 1982, en Dixon y Hufschmidt, 1986).

Cuadro 7.3 Comparación del uso del Valor Presente Neto - BPN - y de la Relación B/C para fijar rangos entre proyectos

	Costos	Beneficios	BPN	B/C
A	300 000	310 000	10 000	1,033
B	100 000	108 000	8 000	1,08
C	100 000	108 000	8 000	1,08
D	50 000	52 000	2 000	1,04
E	50 000	53 000	3 000	1,06

En resumen, la tasa que será usada en la práctica en el análisis económico será específica para el país, y se establecerá como punto de una política de gobierno. Algunos factores importantes que gobiernan la elección de la tasa serán el costo de la oportunidad del capital, las exigencias de las agencias donantes o prestatarias, el costo del dinero para el gobierno, y los puntos de vista corrientes del gobierno sobre la combinación consumo/inversiones del sector privado con relación a sus preocupaciones por las futuras generaciones. Sin embargo, independientemente de la tasa seleccionada, ésta tiene que emplearse para evaluar todos los proyectos. Una comparación de proyectos evaluados con diferentes tasas de descuento es por lógica insostenible.

Los analistas de proyectos deberán buscar asesoramiento de agencias gubernamentales formuladoras de políticas y responsables sobre las tasas de descuento a emplearse. Ante la falta de tales pautas, el analista tendrá que hacer los análisis económicos del proyecto usando una gama de tasas que reflejen áquellas recientemente o corrientemente usadas en el país para proyectos de inversiones públicas y privadas. Sin embargo, el mismo rango de tasas deberá ser empleado para todos los proyectos. Es importante insistir que tales tasas deben ser sobre bases de costos reales, habiendo eliminado el efecto de la inflación. Por ejemplo, si el costo de mercado del capital es del 10% y la inflación del 5%, la tasa real de descuento debería ser de alrededor del 5%.

A continuación se resumen los puntos principales que se relacionan con el uso de las tasas de descuento:

- . Solamente una tasa de descuento se usará en cualquier análisis económico, si bien el análisis puede ser repetido varias veces empleando diferentes tasas de descuento (análisis de sensibilidad); no se usarán tasas de descuento separadas para los flujos de costos y beneficios en el análisis o para diferentes categorías de beneficios (ambientales o desarrollistas).
- . La tasa de descuento empleada no refleja inflación y no es por lo tanto la tasa de interés de mercado; todos los precios usados en el análisis con "reales" o "precios a dólar constante".
- . El descuento será hecho sobre una base anual. Ello presupone que los costos y los beneficios se presentan uniformemente durante todo el año u ocurren al final del año. Podría desearse de hacer descuento sobre una base semianual si la mayoría de los costos tuviesen lugar temprano en el año mientras los beneficios ocurriesen al final del mismo.

## 7.5 Estabilidad y apreciación del balance de pago

Una de las preguntas significativas a los formuladores de decisiones se refiere al efecto de los proyectos de ordenación de cuencas sobre la estabilidad económica regional y balance de pagos. Estas preocupaciones, si bien suficientemente reales, no encuadran netamente en un análisis de beneficios-costos. Es mejor que sean analizadas por separado y luego presentadas al mismo tiempo del análisis de la eficiencia económica.

### 7.5.1 Impactos regionales de los proyectos

Los formuladores de decisiones se preocupan con frecuencia sobre los impactos económicos regionales de los proyectos. Los impactos se relacionan obviamente con los efectos de la distribución de los ingresos descritos anteriormente (ver Sección 7.3.3). El concepto más importante para emplear analizando los impactos regionales es el de los costos de la oportunidad. Toda vez que hay un cambio por causa de un proyecto (nuevos puestos de trabajo, nuevas áreas de cultivo, mayores ingresos de cultivos), el analista debe determinar cuál es el beneficio incremental del proyecto y no el beneficio bruto. Por ejemplo, nuevos puestos de trabajo se crean con un programa de estabilización de los faldeos. La medida apropiada del impacto económico no son los salarios totales pagados a los trabajadores, sino el total menos lo que ellos hubieran ganado si no se hubieran creado nuevos puestos (sus costos de oportunidad). Un cuidado similar debe adoptarse al usar los recursos tierra o capital.



Puesto que los impactos regionales dependen de los flujos de recursos reales, el análisis regional usará gastos e ingresos en efectivo reales. Se trata en realidad de un análisis financiero y no de uno social económico.

Con proyectos de ordenación de cuenca, los puntos siguientes dan una idea sobre los tipos de impactos regionales. La mayoría de los impactos giran alrededor de los efectos físicos que fueron elencados en la Figura 2.3.

- . Creación de puestos en la construcción y mantenimiento de estructuras e instalaciones de manejo.
- . Creación de puestos por una producción nueva o ampliada agrícola, pesquera o de transporte.
- . Mayor productividad en las áreas cultivadas existentes y recursos ictícolas.
- . Nueva producción sobre campos o recursos hídricos anteriormente no usados.
- . Creación de puestos relacionados al sector forestal o a la leña y mayor producción.
- . Impactos secundarios de los cambios anteriormente indicados (los impactos secundarios tienen que ser manejados en manera muy conservadora y con cuidado para evitar la doble contabilidad).

Mientras que los elementos reales en un análisis de impactos regionales variarán de caso por caso, dicho análisis será muy útil para los formuladores de decisiones cuando se están considerando proyectos alternativos. Por ejemplo, hay dos proyectos alternativos para ejecutar un programa de terraceo - uno es intensivo en capital y el otro es intensivo en mano de obra. Los análisis económicos y financieros indican que los proyectos no son significativamente diversos en términos de beneficios y costos. Si la preocupación es el subempleo o los niveles bajos de ingresos en el área del proyecto, el análisis del impacto regional probablemente favorecerá el proyecto de mano de obra intensiva, alternativa generadora de puesto de trabajo, a menos que los bienes de capital empleados en la alternativa se produzcan también en la región del proyecto.

A un macro nivel, un análisis regional deberá formular la pregunta sobre la estabilidad económica y cambios posibles consecuentes del proyecto. Podría esperarse que un proyecto de ordenación de cuenca bien llevado ayudaría a estabilizar la producción (agrícola, forestal, pesquera) y en consecuencia, los ingresos en la región. Puede también producirse una migración provocada por el proyecto dentro de la región o entre regiones. Ambos efectos pueden ser tratados tanto cuantitativa como cualitativamente. Schuster (1980) discute las técnicas para determinar las magnitudes de los impactos distributivos regionales para el caso de proyectos forestales.

#### 7.5.2 Efectos sobre balance de pagos

En general, un proyecto individual de ordenación de cuenca no debería tener mayor influencia o efectos sobre balance de pago (BDP). Aparte de los insumos importados y de su valor (discutidos en el Capítulo 6), los efectos en la BDP más probables serán por vía de las actividades de producción asociadas. Considerado globalmente, un conjunto de proyectos de ordenación de cuencas puede tener grandes efectos sobre la BDP. Por ejemplo, mayores exportaciones de productos agrícolas, de pesca y forestales resultantes de una mayor productividad del sitio provocada por un proyecto de cuenca, pueden afectar el balance de pagos, por sustituciones sea de importaciones que de exportaciones.

Las dos principales preocupaciones al evaluar los efectos sobre balance de pagos son: (1) la correcta determinación del efecto real del proyecto (usando o siguiendo un análisis con-y-sin en un encuadre de costos de la oportunidad; y (2) y en el uso de un precio sombra correcto para el intercambio de divisas externas. Por ejemplo, como resultado de una ordenación mejorada de cuenca, la tierra pasa de una producción de cañave a la de arroz. En la actualidad ambas materias primas se exportan. El efecto en la balanza de pagos es por lo tanto, el valor de las mayores exportaciones de arroz menos

el valor de las menores exportaciones de cazave. Por supuesto, como se discutido en el Capítulo 6, deberá emplearse en el análisis el correcto precio sombra para el cambio de divisas.

#### 7.6 Evaluación de beneficios y costos no monetarios

A pesar de todos los adelantos hechos en la evaluación económica de bienes y servicios no comercializados, existen siempre algunos efectos de los proyectos que resultan imposibles tanto de cuantificar como de evaluar. A veces, el problema es la cuantificación. Por ejemplo, la construcción de ciertas infraestructuras de capital, tales como diques, un escurridero, o una línea de transmisión de potencia, puede tener un impacto estético negativo sobre un área de tierras altas. La vista no es natural o placentera como lo era antes. Este tipo de efecto estético es casi imposible de cuantificar; no existen unidades afectadas de medición para las bellezas escénicas. De la misma manera, un proyecto que requiera un cambio en el estilo de vida para una comunidad tradicional, tendrá un impacto cultural. Estos impactos son también muy difíciles de cuantificar.

El Capítulo 6 ha analizado el punto difícil de evaluar la diversidad genética y el uso del análisis del costo-precio o de la efectividad del costo para la toma de decisiones. Por ejemplo, puede llegarse a una medida "costo-precio", o al costo esperado por proporcionar algún servicio o beneficio que no puede ser evaluado en términos monetarios. El que toma decisiones luego tiene que juzgar si ello vale o no vale su costo. Estos procedimientos han sido seguidos en el pasado a menudo, y seguirán siendo usados en el futuro.

En tales casos deberán reconocerse y no ignorarse los efectos no cuantificables o no monetizables. Podrán aún así ser retenidos dentro del análisis, y aún si no pueden ser monetizados, los efectos pueden incluirse en una manera cualitativa para presentarlos a quien toma decisiones. De esta manera, los efectos no serán ignorados aún cuando no pueden ser ingresados en el análisis beneficios-costos.

## CAPITULO 8

### INCERTIDUMBRE

#### 8.1 Introducción

Siempre que se trata con el futuro, se está tratando con la incertidumbre. A pesar de lo que alguien pueda decir, no es posible predecir el futuro, ni aún las probabilidades de diferentes futuros. Así que hay que tomar decisiones sobre las actividades y proyectos de ordenación de cuenca, admitiendo que en realidad hay mucha incertidumbre de lo que sucederá en el futuro y por consecuencia, cuáles serán las necesidades reales para los diversos tipos de acciones y medidas.

Al mismo tiempo, basándose en lo que se conoce del pasado, es posible de dar algunos pasos para reducir el riesgo de equivocarse seriamente al planearse un proyecto, independientemente de cuál terminará siendo el futuro. Estos pasos y el apropiado uso que se haga de ellos es el tema del presente Capítulo. 1/

Los beneficios y costos de un proyecto de cuenca no pueden ser determinados con exactitud porque: (1) las salidas biofísicas de un proyecto (rendimientos de agua, producción de cultivos, etc.) vienen fijadas en gran medida por las secuencias climáticas y procesos al azar como son las lluvias, la evapotranspiración, y las corrientes de agua, (2) se tienen normalmente limitados registros de datos con los cuales pueden hacerse estimaciones de probabilidades de "eventos" o tendencias de regímenes climáticos, (3) existe incertidumbre en las estimaciones de costos para cualquier proyecto debido a la variabilidad en la productividad y en problemas imprevistos de construcción e implementación, y (4) el crecimiento de la población y la demanda de productos pueden cambiar en forma significativa a lo largo del tiempo en maneras que no se pueden predecir. Es difícil tratar la incertidumbre que deriva de los eventos anteriores. En las fases iniciales de planificación, pueden simplemente rechazarse aquellas alternativas que tienen una considerable incertidumbre asociada con las estimaciones de insumos-salidas. De otro modo, los análisis de sensibilidad de parámetros seleccionados pueden ofrecer al que toma decisiones una elección más fácil de proyectos alternativos (método que se describe más adelante).

#### 8.2 Pautas para tratar las incertidumbres

En este Capítulo se discute un procedimiento pragmático, sencillo, para tratar la incertidumbre en la planificación de un proyecto. Se trata de un procedimiento que es operativo, práctico, económico en su aplicación (en la mayoría de los casos) y defendible en términos de la toma de decisiones. Mientras se aprovecha la experiencia pasada y la información disponible, no se propiciarán modelos sofisticados de probabilidad. Más bien, pueden usarse estos modelos para desarrollar reglas prácticas generales y relaciones que luego se usan en ejercicios de valuación y planificación de proyectos específicos.

En el proceso recomendado acá existen tres pasos interrelacionados implicados:

- (1) Identificar las fuentes probables de incertidumbre, y para cada fuente probable, tratar de hacer alguna estimación sobre un rango razonable de valores que los parámetros implicados pueden asumir. Puede aquí dependerse mucho de la experiencia pasada y sobre la evidencia indirecta, por ejemplo, relacionada con niveles de aguas altas, antigua erosión, y otros.
- (2) Desarrollar un análisis de sensibilidad (que será explicado) usando varias combinaciones de valores para los parámetros que se consideran relevantes en términos de posibles fuentes de variación en los resultados del proyecto o de la actividad (o sea, ver lo que sucedería a las tasas de retorno, a la tasa

---

1/ Gran parte del subsiguiente debate viene de AEPF, Capítulo 10, suplementado con material específicamente relacionado con proyecto de ordenación de cuenca y con incertidumbres asociadas a ellos.

de empleo, a la pérdida de cosecha, a la calidad del agua, etc.) bajo diferentes premisas referidas a los valores de los parámetros o variables que determinarán los resultados.

- (3) Sugerir vías apropiadas para el cambio del diseño del proyecto o de la actividad para reducir las chances de resultados no aceptables y discutir varias medidas de protección o contingencia que pueden instalarse dentro del proyecto para salvaguardarse contra resultados no deseables.

Estos tres pasos pueden ejecutarse según varios grados de detalle, según los presupuestos disponibles, el tiempo y las preocupaciones de quienes toman decisiones. Como ya se ha mencionado antes, hay una permuta entre mayor información y el costo del desarrollo del proyecto, incluyendo el modo de tratar la incertidumbre.

### 8.3 Identificación de las posibles fuentes de incertidumbre

En el curso de los años, los hidrólogos han desarrollado una comprensión bastante buena sobre los factores que provocan la incertidumbre en los proyectos de ordenación de cuenca y, más fundamentalmente, en los procesos hidrológicos. En forma parecida, los economistas y los científicos en materias sociales han identificado muchos de los factores que provocan incertidumbre dentro de perspectivas sociales y económicas. En general, la incertidumbre en los proyectos de ordenación de cuenca se asocia con:

- factores naturales, especialmente aquellos asociados con procesos climáticos y sus irregularidades, por ejemplo, inundaciones, frecuencia de lluvias, calendarios, cantidad y factores de la vegetación asociados con la retención de agua, y sobrevivencia con la sequía;
- factores humanos, especialmente aquellos asociados con prácticas sobre uso de la tierra, capacidad de ordenación, e impactos de factores sociales, culturales y económicos;
- factores tecnológicos, especialmente aquellos que están asociados con elementos estructurales en proyectos de ordenación de cuencas y otros proyectos de recursos hídricos, por ejemplo, ritmo de deposición de barro para las nuevas represas.

La importancia potencial de cualquiera de estos factores variará de un caso a otro y de uno a otro momento. Sin embargo, basándose sobre la experiencia anterior, se sabe que existe la tendencia de juzgar erróneamente en forma sistemática ciertos factores. Por ejemplo, en las evaluaciones de los proyectos se subestiman consistentemente los ritmos de sedimentación en los diques de contención.

Aquí el punto básico es que no existen caminos simples y sistemáticos para separar los factores de incertidumbre para un determinado proyecto. El planificador o analista tiene que depender sobre su experiencia y juicio personal y sobre registros históricos de otros proyectos. Se transforma en una ejercitación del criterio individual.

Aquí es necesario hacer una aclaración. Hay que recordar que el interés reside en los impactos de la incertidumbre sobre las salidas de un proyecto, y tiene que ser especificada antes de poder encararse un análisis que tenga sentido. Resultados típicos de interés para los formuladores de decisiones incluyen las tasas económicas de retorno, creación de puestos de empleo, reducciones en el costo de conservación de la salud, aumento de las cosechas agrícolas, y menores costos para el dragado de cursos navegables y represas (ver Figura 2.3).

### 8.4 El análisis de sensibilidad

Una vez que se han identificado los principales factores que interesan, el paso siguiente es de llevar a cabo los análisis de sensibilidad o adquirir una impresión de cuáles serán los impactos provocados por los cambios de valores de los parámetros sobre los resultados relevantes del proyecto, o establecer premisas sobre la posible magnitud de los resultados que influyen sobre los factores. El análisis de sensibilidad viene definido sencillamente como un análisis de la magnitud del cambio de resultados relevantes

del proyecto con respecto a cambios de las asunciones concernientes a las relaciones insumos-salidas y los valores asociados con las mismas.

Puede obtenerse alguna indicación sobre los rangos potenciales que diferentes valores de parámetros puedan alcanzar revisando la investigación correspondiente en ordenación de cuencas e hidrología. Tal revista, si bien sumamente resumida, viene presentada en la sección siguiente, seguida por algún ejemplo de análisis de sensibilidad relevante a proyectos y actividades de ordenación de cuencas.

#### 8.4.1 Consideraciones sobre insumos-salidas biofísicos

La evaluación de los proyectos de cuencas implica una considerable incertidumbre, puesto que la mayoría de las conexiones entre las prácticas y las salidas son sumamente sensitivas a los fenómenos hidrológicos. La incertidumbre existe con la apreciación de los fenómenos hidrológicos tales como las lluvias anuales, la duración/gravedad de la estación seca (o sequías), punta anual máxima de descarga, corrientes mínimas anuales para duraciones específicas, o frecuencia de las inundaciones. Con los fenómenos hidrológicos, la incertidumbre se debe en gran parte a los registros insuficientes de datos de los cuales puede estimarse la probabilidad de presencia o de persistencia de ciertos esquemas hidrológicos. En términos estadísticos, se tiene por lo general grandes errores de muestreo (Haan, 1977). O sea, nuestros registros de datos sobre precipitación o corrientes de agua son corrientemente insuficientes; por lo tanto, las estimaciones de las propiedades estadísticas de estas muestras son sumamente variables y no ofrecen estimaciones estables y confiables de los parámetros sobre la población. A medida que los datos hidrometeorológicos vienen recogidos durante largos períodos de tiempo, la incertidumbre de las estimaciones disminuye.

Las estimaciones de eventos hidrológicos extremos son de particular interés en la mayoría de los análisis de la cuenca. Muchos años de datos (muestras) se requieren antes que puedan desarrollarse relaciones de frecuencia que puedan dar algún grado de confianza. Por ejemplo, en la evaluación de daños por inundación se usan por lo común curvas de frecuencia de flujos extremos máximos anuales. Se establecen procedimientos estándar para los análisis de la frecuencia de las inundaciones (por ejemplo, U.S. Water Resources Council, 1976); la incertidumbre con las estimaciones de frecuencia viene definida con límites de confianza y se relaciona inversamente al número de años de los registros de las corrientes (ver Encuadre 8.1). En el Encuadre 8.2 se discute la incertidumbre asociada con las estimaciones de sedimentación.

Puede desarrollarse curvas de frecuencia para prácticamente todos los fenómenos hidrometeorológicos. En todos los casos, sin embargo, las curvas de frecuencia definen el "riesgo" de los específicos eventos que se igualan o superan. La incertidumbre está relacionada con la confiabilidad de las curvas mismas de frecuencia. Por norma, el intervalo de confianza alrededor de una curva de frecuencia puede usarse para definir los límites de los valores para la realización de un análisis de sensibilidad (Figura 8.1 y 8.2.).

como se ha discutido en los Capítulos precedentes, la ausencia de datos puede ser superada en parte por el criterio de profesionales con experiencia. Sin embargo, existirá siempre la incertidumbre cuando se tratará de predecir eventos hidrometeorológicos futuros. Lo máximo que se puede esperar es de reducir la incertidumbre estableciendo y manteniendo programas a largo plazo de monición para la precipitación, las corrientes, el arrastre de sedimento y otros fenómenos. Desafortunadamente, la monición recibe raramente una elevada prioridad.

#### 8.4.2 Ejemplos de análisis de sensibilidad

Se usará también como ejemplo el proyecto de cuenca en el norte de Marruecos (Encuadre 5.5), pero en este caso, el enfoque será sobre el análisis de sensibilidad. Como se ha discutido previamente, existe una incertidumbre cuando se estiman en cualquier proyecto los beneficios y costos futuros; diversas secuencias de lluvias o sequías pueden presentarse en el futuro, y los precios en el lugar de mercadeo pueden cambiar dramáticamente en el giro de pocos años. La evaluación del proyecto en Marruecos incluía un análisis de sensibilidad, si bien simplificado.

Encuadre 8.1 Duración de los registros de corrientes y la incertidumbre

Las corrientes de agua sobre el Río Columbia en Dalles, Oregón han sido registradas desde 1890. Este registro relativamente largo ofrece un buen ejemplo de la relación entre la duración del registro y la incertidumbre. Si se tuviera solamente un registro de 10 años, digamos desde 1890 a 1900, la curva de frecuencia ilustrada en la Figura 8.1 representaría la mejor estimación de todos los valores de descarga máxima extremos anuales posibles para tal localidad. Obsérvese que la estimación del evento 0,01 (período de retorno de 100 años) corresponde a una descarga pico máximo de 1,45 millones de pies cúbicos por segundo (41 060 m<sup>3</sup>/seg.); sin embargo, existe una chance del 90% de que el valor "verdadero" del flujo para el evento 0,01 oscile entre 1,05 y 2,0 millones pie<sup>3</sup>/seg. (29 730 y 56 630 m<sup>3</sup>/seg.). En otras palabras, existe una considerable incertidumbre asociada con la estimación del evento 0,01 basado sobre el registro de 10 años. En contraposición, la curva de frecuencia para el período 1890 a 1972 viene ilustrado en la Figura 8.2 con un correspondiente evento 0,01 de 1,21 millones pie<sup>3</sup>/seg. (34 260 m<sup>3</sup>/seg.). Con 82 años de registro, existe ahora una chance del 90% de que el evento 0,01 "verdadero" fluctue entre 1,09 y 1,32 millones pie<sup>3</sup>/seg. (30 865 y 37 380 m<sup>3</sup>/seg.). Esto significa que con un período más largo de registro, se tiene menor incertidumbre asociada con las estimaciones de descarga correspondientes a diferentes probabilidades.

En este caso, el registro para 10 años ha sobreestimado el evento 0,01; sin embargo, los procedimientos seguidos por el U.S. Water Resource Council (1976) tienen un ajuste "integrado" para registros a corto plazo que resultan sobreestimando la magnitud de los flujos asociados con determinadas probabilidades. Puesto que se emplea la curva de frecuencia para definir el "riesgo" de inundación - que afecta vidas y propiedades de gente - el criterio concuerda con que es mejor sobrestimar que subestimar el riesgo. Si bien, aún si hay un método "integrado" para maniobrar la incertidumbre, puede aún desearse de valuar las consecuencias de un evento de 2,0 millones pie<sup>3</sup>/seg. para la situación en la cual se disponían registros de 10 años. En este caso sería oportuno probar la sensibilidad de los resultados globales frente a cambios de estimación de descargas extremas.

R I O C O L U M B I A E N D A L L E S

1 8 9 0 - 1 9 0 0

P R O B A B I L I D A D ( 8 0 % )

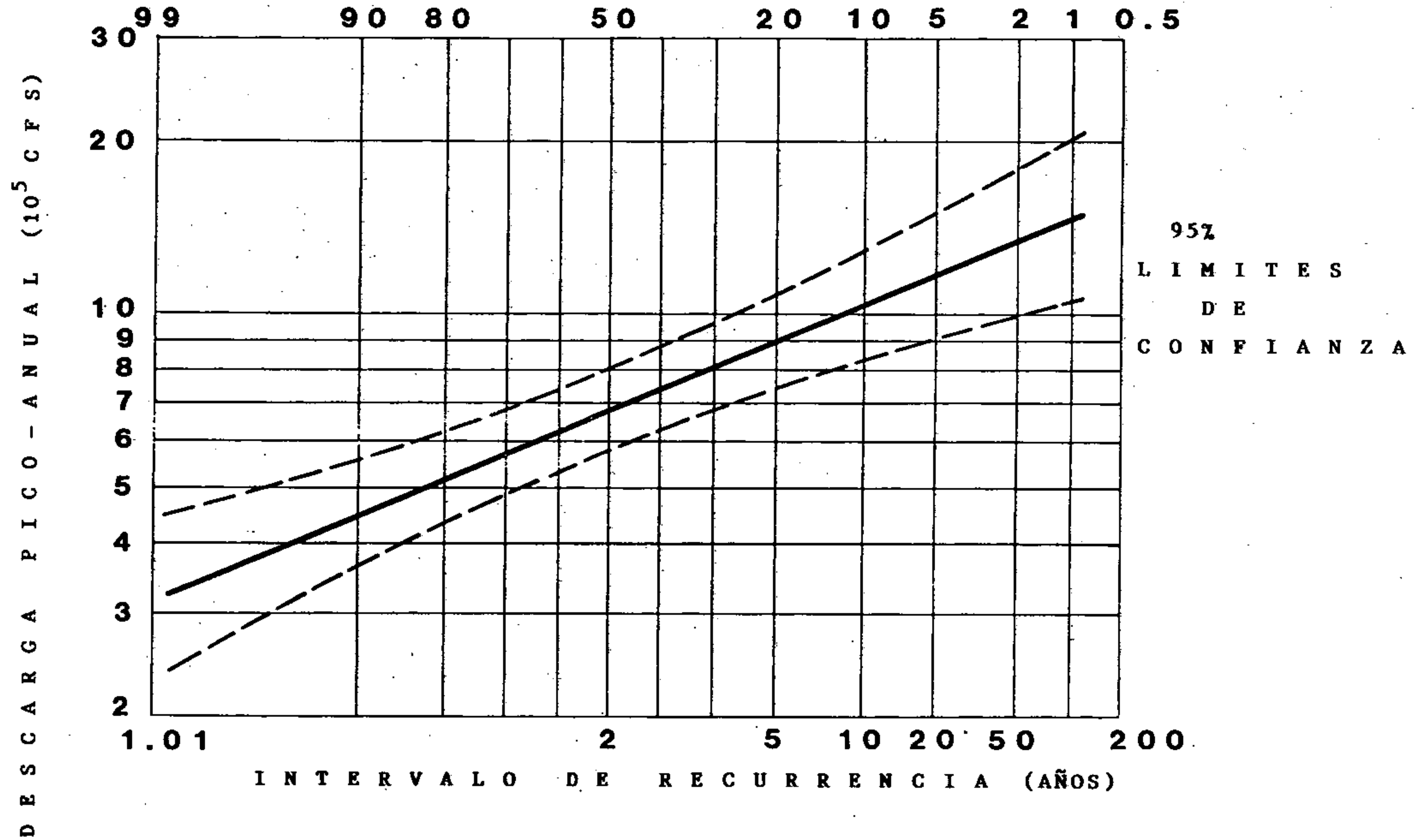


Figura 8.1 Curva de frecuencia de flujos máximos anuales para el Río Columbia en Dalles, 1890-1900

R I O C O L U M B I A E N D A L L E S

1 8 9 0 - 1 9 7 2

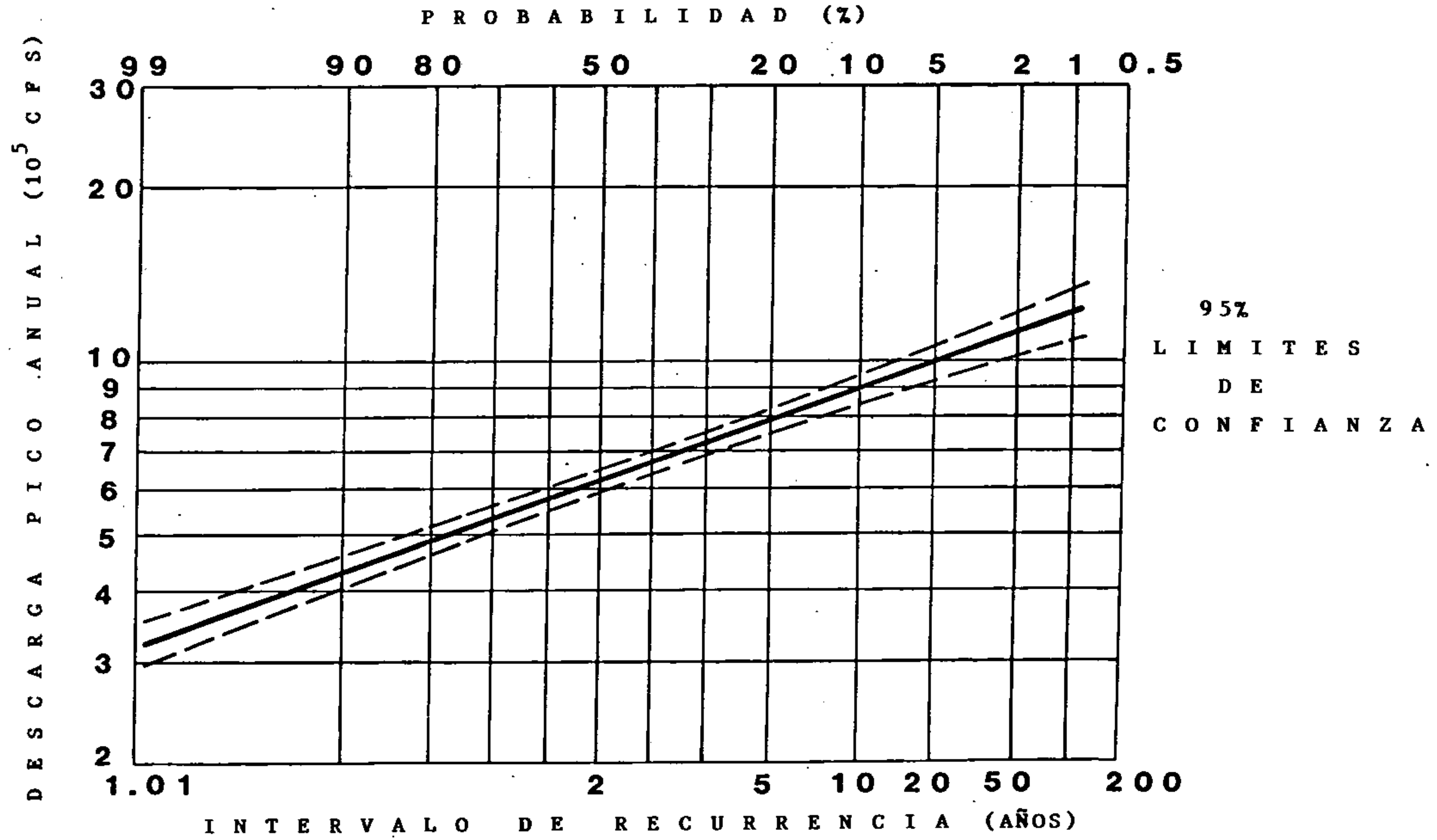


Figura 8.2 Curva de frecuencia de flujos máximos (picos) anuales para el Río Columbia en Dalles, 1890-1972



### Encuadre 8.2    Diseño para "acomodar" el sedimento

Los ritmos anuales de sedimentación en los sitios de las represas representan una información críticamente importante que gobierna, hasta un cierto punto, el tamaño del dique requerido para asegurar los beneficios del proyecto. En la mayoría de los casos, ya es mucho esperar de tener datos para algunos años para un determinado sitio. Un ejemplo de datos sobre sedimentos anuales en suspensión para el Green River cerca de Munfordville, Kentucky, USA (extraído de Haan, 1977) es: 640 827; 484 739; 497 604 y 460 392 ton/año. Basándose sobre estos cuatro años de registros con una media de 520 890 ton/año y una desviación estándar de 81 433, existiría considerable incertidumbre con respecto a la descarga "media" de sedimentos a emplearse para el diseño de un proyecto con una vida útil de 50 años o más. Puede seguirse varios procedimientos. Primero, puede evaluarse simplemente el período registrado y determinar si estos cuatro años representan años de gran descarga (elevado transporte de sedimento), años de baja descarga (bajo transporte de sedimento) o años de descarga "media". El análisis procederá con apropiados sopesados para reflejar condiciones "futuras" esperadas. Otras posibilidades incluyen usar un model de descarga de sedimento conjuntamente con datos históricos determinados regionalmente (enfoque determinístico) o datos generados estocásticamente (como discutidos por Haan, 1977). Experiencias del pasado deberían ser empleadas a más del juego de datos "existentes". Por ejemplo, el desarrollo de una represa resulta a menudo acompañado por un aumento de la ocupación humana, construcción de caminos y uso de la tierra en la cuenca que alimenta la represa. Teniendo en cuenta esta tendencias, pueden ajustarse los datos históricos, agrandándolos, para que el dibujo de la represa pueda acomodar tales descargas mayores del sedimento. Asimismo, puede desarrollarse un análisis de sensibilidad para diversos escenarios y pueden examinarse los impactos finales sobre la represa, "con" y "sin" las prácticas de cuencas.

En el ejemplo de Marruecos, se obtuvieron mediciones favorables para el valor del proyecto (TIR = 15,9%; BPN = US\$18,18 millones), teniendo en cuenta solamente los beneficios del riego derivados de una menor sedimentación en el sitio de la represa y una mayor producción de fruta en los árboles plantados en las tierras altas. Podrían haberse incluido muchos otros beneficios, tales como una mayor generación de potencia hídrica, una mayor disponibilidad de agua municipal e industrial, evitarse los daños de inundaciones, y una mayor productividad de ganado y productos de la madera - todos componentes del proyecto de cuenca. En otras palabras, no se había considerado necesario un análisis detallado de todas estas componentes. Por lo tanto, de la misma manera no era necesario un análisis detallado de sensibilidad de los diversos beneficios biofísicos. Comprendiendo que los valores de los costos y beneficios del proyecto podrían deslizarse en el futuro, se repitió el análisis con el supuesto de que los costos fuesen 25% mayores y los beneficios 25% menores de los que se emplearon en el análisis principal. La TIR resultó ser del 12,1%, que era aún así mayor del 10% correspondiente a la tasa de descuento social que se supuso relevante para Marruecos.

Si la evaluación económica hubiese dado resultados marginales se hubiera entonces justificado hacer un análisis más comprensivo. Podrían haberse investigado los cambios en las tasas de erosión y sedimentación paralelamente con los rangos de producción de cultivos y de madera. Este análisis podría entonces ser seguido de nuevo por el examen de las medidas resultantes del valor del proyecto para una escala de valores de beneficios y costos globales.

#### 8.5 Tratamiento de los factores críticos identificados en el análisis de sensibilidad

Hay que adoptar alguna acción cambiando el proyecto para hacerlo aceptable, cuando un cambio razonable en el valor de un parámetro o conjunto de valores de parámetros podrían provocar un cambio inaceptable o por lo menos crítico en el valor de la salida o en el resultado. Si no fuese así, la decisión sobre el proyecto podría muy bien ser su rechazo.

Como paso preliminar, podría decidirse de generar más información sobre determinados parámetros en cuestión y sus impactos sobre los resultados, para ver si, en los hechos, la relación esperada se mantiene como tal o si mejora o empeora cuando se conoce algo más sobre la relación. En muchos casos, podría no ser factible generar dicha información adicional. Entonces, procediendo con lo que se tiene; quedan fundamentalmente tres caminos a seguir:

- . cambiar el diseño del proyecto;
- . integrar en el proyecto tal como es, algunas contingencias o medidas de resguardo;
- . ajustar los criterios de decisión (algo que no se discute en las actuales pautas, puesto que es una cuestión más amplia que se relaciona con la política del sector y/o nacional).

##### 8.5.1 Modificación del diseño del proyecto

La incertidumbre controlable puede reducirse rediseñando el proyecto, por ejemplo, cambiando su escala, cambiando las proporciones de los factores, integrándolo con ulteriores elaboraciones o con la producción de materia prima, etc. Puede también integrarse en el proyecto cierta flexibilidad distribuyendo varias actividades del proyecto en una forma diferente y con diversas cronologías de las planeadas inicialmente, o rediseñándolo para incluir más flexibilidad en cuanto a la elección de factores de insumos o salidas posterior a la implementación, etc. Algunos ejemplos ayudarán a ilustrar cómo la reprojectación puede reducir la incertidumbre. Estos ejemplos derivan en gran parte de proyectos de plantaciones forestales pero pueden seguirse los mismos caminos para analizar otros proyectos de conservación de cuencas. En el caso de la escala, si el diseño inicial del proyecto es para una escala de proyecto que satisfará completamente una demanda de mercado futura estimada lo que es en cierto modo incierto, el proyecto entonces podría ser reducido en escala para que su capacidad se acerque a una estimación más baja de demanda de mercado. De esta manera se reducirían los efectos de incertidumbre de mercado. Al mismo tiempo, si las economías de escala estuviesen implicadas, los costos podrían aumentar.

En el caso de fijar fases a las actividades del proyecto, podría ser posible el rediseño de manera que el proyecto se inicie con un aserradero o plantación de capacidad más limitada y gradualmente agrandada por etapas, a medida que las condiciones estimadas de mercado futuro, la disponibilidad de factores, etc. se vuelven menos inciertas. Por ejemplo, la inversión en algunas de las infraestructuras fijas (como caminos o edificios) podría demorarse hasta que sea menos incierta la situación referente a las condiciones futuras. El impacto potencial de un mercado incierto para un producto específico podría reducirse expandiendo un proyecto de industrias forestales para incluir una combinación más diversificada de producción. Un proyecto de aserradero podría tener una unidad de producción de molduras anexa de manera de crear cierta flexibilidad en cuanto a desplazar la producción desde madera aserrada a molduras según lo favorezcan las condiciones de mercado. La diversificación en los proyectos de plantaciones podría también ayudar a reducir la incertidumbre. Por ejemplo, plantando más de una especie ayudaría a reducir el riesgo de problemas por insectos y/o enfermedades en plantaciones en monocultura. La diversificación de las especies podría también reducir la incertidumbre con respecto a los mercados, si las especies plantadas tienen cierta sobreposición de sus características y usos, pero también cierta característica exclusiva que permita colocarlas en diferentes mercados a medida que se presentan las condiciones. Un ejemplo de un proyecto con la inclusión explícita de este tipo de flexibilidad es el proyecto para leña en Corea; parte de la superficie plantada incluye especies de "doble propósito" que pueden ser empleadas para leña como para madera de construcción, según las condiciones futuras de mercado se desarrollen para leña.

Es necesario expresar cierta precaución cuando se trata de rediseño. En la mayoría de los casos, si el diseño inicial del proyecto se basaba sobre un exhaustivo análisis de alternativas muy posiblemente se lo consideraba como óptimo diseño en cuanto a los criterios para juzgar los méritos y contribuciones del proyecto. Si se encara un rediseño, puede ser que los costos esperados serán mayores y/o los retornos esperados reducidos con respecto al diseño óptimo inicial. Lo que esto significa es que es necesario tomar en cuenta alguna permuta entre niveles menores de incertidumbre y menores niveles de valor del proyecto (si se lo compara con los retornos esperados para el diseño de proyecto óptimo iniciado). Mientras que un planificador de proyecto puede ensayar a calcular y señalar algunas permutas en juego, será siempre una cuestión de juicio la selección entre alternativas. No hay reglas generales que puedan dictaminarse puesto que es difícil cuantificar la capacidad de sopesar subjetivamente de alguien que formula decisiones sobre incertidumbre.

El rediseño no es la contestación para todos los problemas de incertidumbre y tiene que ser encarado con cautela. En muchos casos, puede ser no deseable el rediseño y necesario de apelar a otros métodos para tratar la incertidumbre. En caso de incertidumbre incontrolable, el rediseño puede no ser factible en el contexto de los objetivos del proyecto. En tales situaciones, pueden seguirse otros caminos para que la incertidumbre sea tomada en cuenta.

#### 8.5.2 Integración de salvaguardias en un proyecto

Pueden incluirse salvaguardias dentro de un proyecto, inclusive seguro sobre varios elementos del proyecto mismo (que aumentan el costo del proyecto pero reducen el riesgo sobre la entidad del proyecto); asegurando las contingencias físicas (en realidad una forma de auto seguro); aumentando una cuota a la tasa de descuento usada para calcular la tasa interna de retorno - TIR - o el BPN del proyecto, o bajando arbitrariamente los valores de las salidas y/o aumentando los costos estimados de los insumos en los cálculos para el TER o en BPN.

Estos procedimientos pueden no ser sensibles a las incertidumbres identificadas. Por ejemplo, el agregado de puntos a la tasa de descuento castiga los costos y beneficios futuros más que a los costos y beneficios presentes o iniciales, y ello no se relaciona necesariamente con el dónde existen las principales incertidumbres. Por otra parte, un aumento arbitrario de costos (por ejemplo, contingencia o seguro) y/o una reducción de beneficios estaría sugiriendo, para cualquier tasa de descuento, que la incertidumbre referida a valores futuros es menos importante que la incertidumbre referida a valores actuales o iniciales. Podría no estarse al paso con los niveles y momentos de la incertidumbre identificada. A pesar de sus inconvenientes, los procedimientos sugeridos son

ampliamente seguidos como curso conveniente para reducir las chances de un fracaso o una tasa de retorno inferior a la esperada. Eso es casi como decir que el criterio de aceptación se hace más estricto, o sea que un proyecto tiene que poner en evidencia un comportamiento mejor que simplemente el mínimo aceptable. El agregado de una tolerancia contingencial para una incertidumbre física tiende a ser el camino preferible para tratar el problema, puesto que no tiende a esconder lo que se hace para una toma de decisiones 1/.

Pueden diseñarse los proyectos teniendo en mente contingencias específicas, por ejemplo, en el caso de un proyecto de plantaciones industriales programado para Tanzania, se reconoció que una incertidumbre principal que enfrentaba el proyecto era que la planta de pulpa y papel aún no construida, y destinada a usar la madera, podría no construirse del todo. Los planes de contingencia para el proyecto, en las circunstancias improbables de que la planta no se construyese, fueron (a) de reducir progresivamente el programa de plantaciones y de pararlo a los cinco años, (b) de criar los árboles plantados bajo una rotación de 25 años para rollizos de sierra en lugar de rotación menor planeada para madera para pulpa. El análisis del proyecto indicó que habría un mercado aceptable para los volúmenes consecuentes de rollizos para sierra. El mismo tipo de planificación contingencial se incluyó en el programa con plantación de leña para Corea, plantando parte de la superficie con árboles de "doble propósito", o sea que puedan ser usados para combustible y como madera.

Dos puntos adicionales deben mencionarse con respecto a la incertidumbre. Primero, la incertidumbre se asocia a menudo con los objetivos para un proyecto y, los criterios apropiados para medir la contribución de un proyecto en satisfacer otros objetivos. No se discute aquí este tópico, principalmente porque se ajusta mejor a una discusión sobre planificación sectorial, o sea es una cuestión que trasciende el punto de planificar un determinado proyecto, dado un determinado objetivo. Los objetivos para un determinado proyecto deberían derivarse de una evaluación más general de las presentes condiciones del sector y de las metas hacia las cuales debería estar dirigido. El problema principal con los objetivos al nivel del proyecto se relaciona con la falta de definición. No hay sentido en planificar proyectos y alternativas de proyectos si antes no se han definido explícitamente los objetivos. Si los objetivos están definidos los criterios los seguirán lógicamente. Sin embargo, hay casos donde los criterios son muy poco especificados, principalmente porque los objetivos están en conflicto o superficialmente definidos. En tales casos la incertidumbre se relaciona con la falta de específicas funciones de permuta para los diferentes objetivos en conflicto. El análisis de sensibilidad puede aportar información sobre la cual quienes formulan decisiones pueden basar su juicio subjetivo con referencia a los cambios o permutas. La incertidumbre implicada se relaciona en realidad con la incertidumbre referida a los valores relativos asignados a los varios objetivos para parte de la sociedad o de quien toma decisiones.

Segundo, existe una lógica pregunta "¿Cuánto puede gastarse para reducir la incertidumbre?". Por lo general, la suma gastada depende de la naturaleza del proyecto y del presupuesto disponible. En algunos casos, con pequeños esfuerzos/gastos adicionales se puede obtener una notable reducción de la incertidumbre. En otros casos, gastos sustanciales pueden tener un impacto reducido sobre la incertidumbre. El criterio basado sobre la experiencia y el conocimiento del pasado sobre disponibilidad de información y costo de la misma, ofrecerá alguna idea sobre la relación particular costo/beneficio que enfrenta al analista. La magnitud de cuanto la incertidumbre merece ser reducida para quien toma decisiones es una cuestión de juicio personal que tiene que ser contestada separadamente caso por caso.

---

1/ Para ulterior discusión sobre tolerancias contingentes, ver Gittinger (1982), pág. 393.

## CAPITULO 9

### USO DEL ANALISIS ECONOMICO EN EL DISEÑO DE PROYECTOS

Se acaba de considerar el proceso genérico del desarrollo de un análisis económico y financiero. Los pasos se refieren a (i) la definición de los objetivos del proyecto, (ii) identificación de los insumos y salidas, (iii) evaluación de los insumos y salidas, y (iv) comparación de costos y beneficios. Con mucha frecuencia, el proceso se aplica a un proyecto que ha sido definido técnicamente o de otra forma. Sin embargo, en este capítulo se argumenta que el proceso de análisis económico deberá ser introducido mucho antes de que un proyecto de ordenación de cuenca sea completamente definido. El análisis económico deberá ser una parte integral del proceso de diseño. Hay varias impelentes razones para ello: Cambios en un diseño ex-ante son más fáciles de realizar y normalmente menos caros que una acción remediadora ex-post - por una razón los planificadores desarrollan un interés obvio sobre el diseño que ya tienen sobre el tablero; las implicaciones económicas de diferentes alternativas son muy importantes para quien toma decisiones; y el bienestar social y los retornos privados pueden dar diferentes señales con respecto al diseño del proyecto.

#### 9.1 La importancia de usar experiencia económica y social en el diseño de proyectos

Los proyectos de ordenación de cuencas se proponen usualmente como reacción a un problema, ya sea corriente (por ejemplo, erosión del suelo y sedimentación en la represa) o potencial (por ejemplo, el desarrollo de un esquema agrícola en tierras altas que puede eventualmente llevar al aumento de la erosión del suelo). En cualquiera de estos casos, las manifestaciones del problema se miden en términos físicos - ritmos de erosión del suelo, cargas de sedimentos, flujos-corrientes, picos de inundación. Por resultado, las reacciones que se proponen serán normalmente también medidas físicas - terraceo, diques de contención, estabilización de albardones, reforestación. Dada esta combinación de efectos físicos y medidas físicas de control, no es sorprendente que científicos naturales e ingenieros han dominado por tradición el proceso de diseño de proyectos. Ingenieros civiles, edafólogos, agrónomos y forestales figuran entre los especialistas comúnmente implicados en el diseño y el proyecto de ordenación de cuencas. Los economistas (y otros científicos sociales) frecuentemente no son invitados hasta después que se han ya tomados las decisiones sobre las partes principales del proyecto y formulado las decisiones fundamentales. Este proceder resulta ineficiente en cuanto a llegar a un proyecto operable, puesto que los embotellamientos más críticos en la implantación de un proyecto tienden a ser económicos o sociales.

En la mayoría de los casos, podrían haberse evitado problemas clave si se hubiesen diseñado e implementado los proyectos en forma diferentes, prestando más atención a consideraciones sociales y a limitaciones económicas y financieras (ver Cernea, 1985). Es suficiente un ejemplo común para ilustrar este punto: Proyectos técnicamente sanos han sido iniciados a menudo sin tomar en cuenta si los pequeños propietarios que tendrían que participar para asegurar su éxito tienen suficientes incentivos para convertirse en participantes activos. Simples cuestionarios en el curso de las fases iniciales del diseño del proyecto podrían proporcionar información social y económica que podría haber sido empleada en aquellos cambios de diseño que habrían reducido los problemas de la resistencia de los pequeños propietarios.

#### 9.2 El papel del análisis económico en la tarea del diseño

Hay una cantidad de razones por las cuales un análisis económico es esencial para un buen diseño de proyecto de ordenación de cuenca. Algunos son autoevidentes y familiares a la mayoría de los planificadores; otros son menos obvios pero no menos importantes para el éxito del proyecto. Los temas de arrastre a la base del análisis económico son la escasez y el proceso de elegir entre usos alternativos de recursos escasos. Puesto que no es posible encarar todos los proyectos deseables, la economía permite clarificar usos alternativos para determinados recursos escasos.

En la práctica, el diseño de proyecto de ordenación de cuenca contemplará varias variables, inclusive la elección de tecnologías, la escala del proyecto, el cronograma del proyecto, sitios alternativos y mezcla de productos de salida. Además las alternativas

del proyecto podrían tener que ser analizadas como un sistema a fin de incorporar dimensiones físicas, económicas y sociales. La tarea del diseño es la de lograr esa combinación de prácticas de manejo, tecnología, escala, localización y salida que se óptima; en términos económicos este es el diseño que maximiza el valor presente de los beneficios netos de la inversión de un determinado conjunto de recursos.

### 9.2.1 Análisis de la efectividad del costo

El análisis económico en concreto puede tomar varias formas. En el caso más sencillo, la tarea del diseño es de alcanzar una determinada meta. Esa meta podría ser la de reducir la erosión del suelo de 20 a 10 toneladas por hectárea por año en una superficie en tierras altas. El analista examinaría varias prácticas alternativas de manejo que pueden ser combinadas en diversas formas. Cada práctica produce determinados resultados y tiene respectivos costos. Un análisis de efectividad de costos determina el proyecto de menor costo, combinando diversas prácticas para alcanzar una determinada meta. Si en este caso, se dispone de dos prácticas de manejo - Práctica A, terraceo, y Práctica B, técnicas modificadas de cultivo - el análisis económico, empleando datos físicos disponibles, identificaría aquella combinación de terraceo con cambio en las prácticas de cultivo que produce la reducción deseada de la erosión al menor costo. Resumiendo, el enfoque de la efectividad en los costos no pretende valorar los beneficios; su objetivo es minimizar los costos para alcanzar una determinada meta o finalidad.

### 9.2.2 Análisis beneficio-costos y alternativas mutuamente excluyentes

Si se tratan ambos, los beneficios (salidas) y los costos (insumos/entradas) como variables en el análisis, entonces la medición económica apropiada es la maximización del valor presente de los beneficios netos (el cálculo de BPN analizado en el Capítulo 7) obtenidos del uso de determinados recursos escasos. El primer paso es de observar cada alternativa para asegurarse de que su valor presente neto BPN sea cero. Obviamente, no se desea desperdiciar más tiempo con alternativas que no se conforman a este criterio.

En el Capítulo 7 se ha explicado este paso. Fundamentalmente, se desarrolla un cuadro de flujo de caja o de valores y luego se calcula el BPN para cada alternativa. Aquellas alternativas con un BPN positivo o cero son aceptables. Sigue luego la cuestión de elegir entre las alternativas aceptables.

El procedimiento fundamental es de asignar un rango a las alternativas sobre la base de su BPN y elegir luego aquella que tiene el BPN más alto. La escala de rangos basados sobre la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la elección posterior de la alternativa con su TIR más elevado puede llevar a una decisión equivocada, dependiente del contexto del problema global que se analiza (ver Enquadre 9.1).

En el Cuadro 9.1 se da un resumen de los caminos para analizar las alternativas mutuamente excluyentes para diferentes elementos de diseños.

En resumen, el análisis económico, cuando aplicado correctamente, puede llevar a decisiones de diseño que maximizarán los beneficios netos de las inversiones de recursos escasos. El resto de este Capítulo discute una cierta cantidad de variables clave que se implican en las decisiones para el diseño de un proyecto.

### 9.3 Factores económicos importantes en la elección de la tecnología

La elección de tecnología es un factor clave en el diseño de un proyecto. La decisión sobre el nivel apropiado de tecnología es muy complicada puesto que los diferentes insumos tecnológicos (capital, trabajo, tierra, conocimientos) son todos asimismo variables que requieren ser analizadas. Aún así, a un nivel agregado, pueden examinarse varios conglomerados tecnológicos que son todos capaces de alcanzar una determinada meta. El peligro es que si el solo criterio es el de alcanzar una meta física, podría elegirse una tecnología que no fuese socialmente óptima.

Encuadre 9.1 Consideración de dos usos alternativos mutuamente excluyentes para una determinada parcela de tierra forestal

Alternativa A: Invirtiendo US\$100 en el año cero en algunas actividades silviculturales intensivas sobre 10 acres de tierras se supone poder esperar un aumento del valor de la salida en madera en el año 10, desde US\$300 a US\$600, o sea, se recibiría un retorno, debido al proyecto, de US\$300, en el año 10.

La Tasa Interna de Retorno - TIR - para este proyecto (suponiendo que no hay otros costos o retornos causados por el proyecto) será igual al 11,6%. El BPN al 6% (suponiendo que sea la tasa de descuento relevante) es de US\$67.

Alternativa B: Como alternativa, podría invertirse US\$1 por acre (US\$10 para 10 acres) para espolvoreos químicos del rodal hoy día, y suponer el aumento de valor de la extracción para el año 10 de US\$600 a US\$650. En este caso la TIR sería del 17,5%, pero el BPN de la alternativa sería solamente de US\$17,90.

Ambas serían alternativas beneficiosas. Si se usase la Tasa Interna de Retorno - TIR - para asignar rango a las alternativas del proyecto para el rodal forestal, se escogería la alternativa B. Sin embargo, obviamente no sería éste el mejor uso de la tierra, puesto que se podría ganar mucho más en términos absolutos eligiendo la alternativa A. Si se clasifican las alternativas por rangos en base a sus valores BPN entonces se estaría haciendo la elección correcta. En términos de valores presentes, con la alternativa A se estarían ganando  $US\$67 - US\$17,90 = US\$49,10$  en más. En términos de valores futuros (o sea cuando se cosecha), se ganaría en más  $US\$300 - US\$50$  o sea US\$250. Puesto que se trata de usos de la tierra mutuamente excluyentes, al maximizar el BPN se maximiza el retorno sobre el uso de la tierra (suponiéndose en este caso se trata del recurso escaso).

Cuadro 9.1 Caminos para analizar alternativas mutuamente excluyentes para diferentes elementos de diseños

Elementos de diseño	Diseños alternativos tienen los mismos momentos y valores para los beneficios	Los diseños de las alternativas tienen diferentes momentos y/o valores para los beneficios <u>1/</u>
Tecnología	Calcular para cada alternativa el valor presente PV de los costos que difieren entre las alternativas. Elegir aquella con los menores PV para los costos.	Comparar los BPN de las alternativas; escoger la alternativa con el BPN más alto.
Escala	N.A. <u>2/</u> (los beneficios variarán para cualquier componente dada que se analiza).	Compara los BPN de las alternativas; escoger la alternativa con el BPN más alto.
Localización	Para cada alternativa, calcular el PV de los costos que cambian con la localización. Escoger aquellas con el más bajo PV para costos.	Comparar los BPN de las localizaciones alternativas; escoger aquella con el BPN más alto.
Momento	N.A. (variación del momento de las salidas y por lo tanto de los beneficios).	Comparar los BPN de las alternativas; escoger la alternativa con el BPN más alto.

1/ Si dos (o más) alternativas tienen un número de elementos de costos y/o beneficios en común, luego las diferencias netas en el PV de los costos y beneficios que difieren entre las alternativas, pueden compararse. Sin la diferencia neta entre la alternativa *i* (considerada la alternativa básica) y *j* (la cual se compara) es positiva entonces se preferirá la *j*. Si la diferencia es negativa, se seguirá luego prefiriéndose la *i*. Este procedimiento es válido para todos los elementos de diseño.

2/ N.a. = No aplicable

Fuente: AEPF, pág. 147.

El Capítulo 6 discute varios procedimientos de evaluación. Uno es el de la efectividad de costo donde la meta (p.e., una tasa máxima permisible de erosión de suelo) viene fijada y se examinan diferentes alternativas para ver cual de ellas satisface la meta con un costo mínimo. Se trata, en efecto, de un análisis económico con elección de tecnologías; el análisis enfoca el costo de alcanzar la meta. Aquí se considerarán cuatro componentes importantes en la elección de la tecnología - trabajo, capital, tierra y conocimientos.

Trabajo. El trabajo es frecuentemente un costo mayor en los proyectos de ordenación de cuencas, especialmente aquellos que implican componentes de mano de obra intensiva como la plantación de árboles, o construcción de terrazas a mano. El trabajo deberá ser evaluado a su costo de la oportunidad real, o sea cual producto o servicio se deja de cumplir (renunciación) si una unidad de trabajo viene transferida de otro trabajo al trabajo en el proyecto (ver Capítulo 6 y Figura 6.3). Si los mercados están funcionando en forma correcta el nivel del salario debería ofrecer una indicación sobre el valor del trabajo. Este salario puede entonces ser empleado para "designar el costo" del trabajo. sin embargo, si los salarios están controlados, tendrá entonces que hacerse un ajuste. En el Capítulo 6 se ha discutido ya el uso de los precios sombra. El economista tiene que considerar



si el nivel de salarios comerciales es o no un precio verdadero de escasez, y si no lo fuese, aplicar los ajustes apropiados.

Como se ha mencionado cuando se ha discutido el precio sombra, el peligro cuando no se usan los precios de escasez es que se tomarán decisiones inapropiadas sobre el uso de varios factores de producción. En un proyecto de ordenación de cuenca, por ejemplo, una componente podría ser la construcción de los bancos de las terrazas. Suponiendo que hay varias formas de construir bancos de terrazas de igual calidad, algunas técnicas emplean más capital para el movimiento de la tierra mientras que otras técnicas usan más mano de obra. Para decidir sobre qué técnica emplear, varios factores son importantes: La calidad de la terraza, el tiempo requerido para su construcción, el costo de la construcción. Si se asume que los factores de calidad y tiempo son los mismos para ambas técnicas, será el costo entonces el factor decisivo.

Para realizar un análisis correcto de las dos técnicas, el analista tiene que usar los precios verdaderos de escasez para todas las entradas (y salidas) - labor, capital, combustible, etc. Si los niveles de salarios se fijan artificialmente altos (por ejemplo un salario administrado por el gobierno), harán más atractivas aquellas técnicas que ahorran en mano de obra y son de capital intensivo. Raramente ocurre lo inverso puesto que si las tasas de salarios vienen fijadas por debajo del valor del precio verdadero de escasez, será difícil de atraer trabajadores.

Capital. La discusión precedente ha ya mencionado el uso óptimo del capital. No es sorprendente puesto que la mayoría de las permutas comunes en muchas decisiones del proyecto son entre capital y mano de obra. Estos dos factores pueden con frecuencia sustituirse uno a otro, o por lo menos hasta un cierto punto. El uso de capital resulta con frecuencia distorsionado por dos tipos de efectos - tasas de interés y costo del cambio de divisa externa. Ambas distorsiones son comunes en los países en vía de desarrollo y pueden ir en una u otra dirección - el precio observado puede ser demasiado alto o demasiado bajo.

Si se fijan las tasas de interés altas, el capital aparecerá ser "caro" y su uso tenderá a declinar. Lo inverso sucede cuando se fijan muy bajas las tasas de interés; dicha política estimulo el uso de capital comparado a la mano de obra. Si por análisis se determina que las tasas de interés de mercado son demasiado altas o demasiado bajas, puede emplearse subsidio o una estructura de impuestos para asegurar que el costo del capital (como se ve en un análisis financiero) corresponde a su verdadero costo económico. Este tipo de intervención puede ayudar a limitar las obvias distorsiones.

Un grave problema en muchos países surge con el precio de capital, especialmente para equipos de capital importado o sustitutivos a la importación. Si se distorsiona la tasa de cambio externo (o muy alta o muy baja) el costo de capital percibido no será correcto. Ello resultará con ya sea el uso excesivo o sub-empleo de capital con respecto a otros factores o a la producción.

Muchos países tienen una moneda sobrevaluada para la cual el costo del cambio de divisa viene fijado muy bajo. Si el país X dice que US\$1 es igual a 10 pesos pero la tasa de cambio de mercado indica un intercambio de US\$1 para 20 pesos, el peso resulta sobrevaluado. Los residentes del país X ven al costo de productos importados de valor de un dólar como correspondientes a 10 pesos, pero en realidad las importaciones deberían costar 20 pesos. Por resultado, un proyectista se siente estimulado a emplear cantidades mayores de capital importado y de otros insumos valuados a 10 pesos por tasa dólar. Sin embargo, como se ha mencionado en el Capítulo 6, emergen dos problemas. Primero, puesto que otra gente tiene la misma idea, hay una demanda excesiva de importaciones y, por lo tanto, o se raciona la divisa extranjera o se hacen adquisiciones en el mercado negro (p.e., a 20 pesos por dólar). Segundo, un proyecto que ha usado 10 pesos por dólar como costo de capital importado puede muy bien elegir una tecnología más fuertemente dependiente sobre capital e insumos importados (porque ellos son "más baratos") que la mano de obra capital e insumo doméstico. Esta distorsión reduce los beneficios sociales netos del proyecto; el bienestar total es inferior de cuando se han usado precios correctos de escasez en el análisis y, por lo tanto, se elige la tecnología apropiada. El economista puede ayudar al equipo que diseña el proyecto a evaluar correctamente los costos de los recursos de las varias alternativas.

Tierra. El capital y los insumos adquiridos pueden ser comercializados internacionalmente; el trabajo es menos móvil pero algunos países efectivamente importan y exportan mano de obra. La tierra, es un factor fijo (exceptuando las importaciones de suelo como desde Nepal a la India y al Bangladesh!) y, por lo tanto, vienen minimizadas las distorsiones potenciales de precios debido a factores de cambios de divisas. Si los mercados de tierras operan abiertos y competitivos, entonces los precios de la tierra deberían ofrecer una indicación de valor y productividad de la misma sometida a diversos usos, o sea, el valor capitalizado de todos los beneficios netos futuros que la tierra pudiera producir. Deben tenerse en cuenta los valores de la tierra al diseñar los proyectos y al elegir las tecnologías. Los valores de la tierra pueden entrar de dos maneras en el diseño del proyecto: Primero, como costo de un insumo y segundo, como un reflejo de los factores ambientales modificados. Como ejemplo de esta última algunos proyectos de ordenación de cuenca afectarán los valores de la tierra. Una reducción de las inundaciones sobre terrenos de zonas bajas, provocará un aumento de precios de la tierra en zonas bajas - esto exige que se le considere un beneficio del proyecto, en un análisis financiero. En el análisis económico, lo que se evalúa es el aumento de la producción en las tierras bajas. Un análisis económico puede cuantificar los beneficios económicos (y costos) de las tecnologías alternativas asociadas con el uso de la tierra. Por ejemplo, la erosión en las tierras altas puede ser encarada de dos maneras: Primero, puede dejarse que la erosión continúe, pero pueden reemplazarse las sustancias nutritivas perdidas para mantener la productividad de las tierras altas. Segundo, pueden tomarse medidas para prevenir la erosión y así retener la productividad de las tierras altas. Cada una de las opciones tiene determinados insumos y costos de proyectos que se le vinculan. Ambos mantienen la productividad en los campos de las tierras altas al mismo nivel. La segunda opción, sin embargo, genera importantes beneficios lejos del sitio originados de la menor sedimentación y menores daños a los terrenos y a las estructuras aguas abajo. Algunos de estos beneficios se verán reflejados en cambio del valor de la tierra aguas abajo. Ellos deberán tenerse en consideración en la fase de la proyectación.

Un problema surge si la tierra es de propiedad del gobierno o si viene asignada sin contar con los valores de mercado. En estos casos, el economista tiene que determinar un valor razonable para la tierra, puesto que el "precio de mercado" es o cero (tierra del estado) o administrado. Los valores de la tierra y el uso de la tierra como un insumo del proyecto tienen importantes implicaciones en la proyectación con respecto a decidir sobre la ubicación y sobre otros factores de localización. Por ejemplo, la intensidad del uso de la tierra para la construcción puede variar considerablemente en un proyecto. Canales de riego de tierra pueden requerir una superficie de terreno dos veces mayor que con estructuras forradas de concreto. Las permutas entre los dos tipos de canales implican costos de construcción y mantenimiento, así como costos de la tierra. Aquí, la correcta medición del valor de la tierra es adoptando el costo de la oportunidad - cual es el valor de la tierra en el siguiente mejor uso que pudiese tener en realidad.

Los factores sociales pueden también ser importantes para determinar valores de la tierra. Algunas sociedades aprecian la tierra no solo como una fuente de producción sino como una fuente de riqueza misma (o de prestigio) independientemente de la producción física. En el caso de que haya valores reales competitivos de mercado, deberán reflejarse en el análisis económico. Estas preocupaciones son separadas de las determinantes de ubicación para el valor de la tierra tales como litorales de ríos o represas, o facilidad de acceso a carreteras, ciudades u otras ubicaciones deseables. En resumen, los valores de la tierra deberían reflejar valores de escasez pero siempre valores realísticos que en la realidad se obtendrían bajo una política esperada ambiental (ver Encuadre 9.2). Estos valores pueden surgir de la productividad, ubicación, méritos o daños ambientales, factores estéticos, culturales o históricos. Determinando con corrección estos valores el economista puede dar una mano a las decisiones sobre el diseño en lo que se refiere al uso de la tierra.

Conocimiento. La última componente considerada es el conocimiento o "el know-how" técnico. El diseño de proyecto adecuado será aquel que refleja los costos verdaderos del conocimiento requerido para proyectar, ejecutar y operar el proyecto. Ello parecería ser un asunto obvio, pero existen muchos proyectos que han sido diseñados sin tener en cuenta los costos verdaderos del "know-how" requerido para su implementación. Estos costos surgen de dos maneras. Primero, el propuesto diseño puede requerir una gran cantidad de gente que tiene un entrenamiento hasta un cierto nivel. Si se dispone de la gente entrenada, no hay problema; si no lo son, el proyecto será obligado o a "robar" al resto de la economía o a

## Encuadre 9.2 Consideraciones sobre políticas al evaluar los recursos

Suponer que una superficie de tierra corrientemente sin uso pudiera técnicamente ser empleada para dos finalidades mutuamente excluyentes: Agricultura o una plantación forestal. La plantación alternativa rendiría US\$150 de beneficios por año netos de todo costo, exceptuando el costo de la tierra. La alternativa agricultura generaría un beneficio de US\$200 por año netos de todo costo, exceptuando la tierra. Existe sin embargo una política restrictiva: El gobierno ha decidido que solamente la actividad forestal será permitida en el área.

Se ha solicitado al analista de estimar el valor económico de la alternativa plantación. Para ello, tiene que estimar, entre otras cosas, el valor de la tierra a emplearse en el proyecto. Este valor es equivalente a los beneficios netos renunciados por no ser posible de encarar el mejor uso alternativo para la tierra. Puesto que la agricultura es la principal alternativa técnicamente factible, con un beneficio anual de US\$200, alguien opinaría que este es el valor de la tierra, que debería ser ingresado como costo de oportunidad en el análisis económico del proyecto de aforestación.

Otros podrían decir que puesto que una decisión sobre políticas ha anulado la alternativa agrícola, el valor relevante de la tierra para el proyecto de aforestación debiera ser igual a los beneficios netos renunciados por no encarar la alternativa forestal inmediatamente mejor. Si esta alternativa forestal inmediatamente mejor genera un beneficio neto de US\$60 por año de nuevo sin incluir el costo de la tierra ¿cuál valor debería ser ingresado en el análisis, US\$200 o US\$60? Dependiendo de cual valor se elige, pueden presentarse dos estimaciones radicalmente diferentes del valor del proyecto. Como se ha mencionado, la plantación rendiría beneficios netos por US\$150, sin considerar el costo de oportunidad de la tierra. Si se toman US\$200 como valor económico de la tierra, el valor económico de la plantación sería igual a US\$150 menos US\$200 o sea - US\$50, y el analista económico no lo recomendaría por el hecho que los costos superan los beneficios. Por otro lado, si se toman en cuenta las restricciones por política, el beneficio neto generado por el proyecto de aforestación sería de US\$150 - US\$60 = US\$90, y el proyecto tendría la oportunidad de poder ser aprobado puesto que su valor es positivo. ¿Cuál de estos procedimientos es el correcto?

Siguiendo el principio tradicional del "con y sin", el analista debería considerar solamente la diferencia estimada real. La política restrictiva impone confines reales a las oportunidades factibles, tan reales como las impuestas por las limitaciones tecnológicas. Por lo tanto, el valor de la producción potencial agrícola no deberá entrar en el análisis del proyecto de plantaciones. Si se deja de observar este principio se iría hacia decisiones equivocadas. En el ejemplo, si la política restrictiva fuese considerada irrelevante no habría argumento económico para aprobar el proyecto de aforestación. El proyecto no sería ejecutado, pero tampoco lo sería la mejor opción agrícola, porque la política es de hecho real. Por consecuencia, la sociedad no recibiría ni los beneficios de la aforestación ni los beneficios de la opción agrícola.

Lo anterior no implica que sea irrelevante el valor de la opción agrícola no factible. Todo lo contrario. Mientras que este valor no deberá ser introducido en el análisis de plantación, es muy relevante en el análisis de la política restrictiva sobre el uso de la tierra. Puesto que sin esta política, se generarían US\$200 de beneficios netos, mientras que con la política de la mejor alternativa en rendimiento sería solo de US\$150, la diferencia de US\$50 representa efectivamente parte del costo de la restricción para la sociedad. Se trata de una información relevante.

Los formuladores de decisiones pueden o no hallar aceptable esta pérdida de US\$50 en la búsqueda de los objetivos no económicos para la sociedad vinculados con la tierra del caso. La pérdida es de importancia obvia en el análisis de las implicaciones políticas, pero no es relevante en la evaluación del proyecto de aforestación, existiendo esas políticas. (Contreras y Gregersen, 1982).

resignarse de no disponer del personal requerido. Este tipo de problema se enfrenta con frecuencia cuando un proyecto piloto que alcanza el éxito se expande sobre un área amplia. Mientras que la necesidad de personal para el proyecto piloto se satisfacía fácilmente, hasta en parte con expatriados, las necesidades de gente en un programa que abarca toda una cuenca o el país, podría requerir un programa de entrenamiento de varios años a un gran costo adicional. Este costo tiene que ser incluido en el análisis del proyecto.

El segundo tipo de costo relacionado con el conocimiento es más directo. Si el diseño de un proyecto requiere mano de obra "importada" o mano de obra doméstica sustituible por la importación, ésta podría ser tan difícil de obtener como ser muy cara. De nuevo, la expansión de un proyecto piloto a proyecto en escala completa puede superar la capacidad del país de proporcionar la mano de obra requerida y pagar por ella. La mayoría de los países no puede darse el lujo de tener científicos del suelo o especialistas de sistemas de cultivo en cada villorio, aún si había hecho milagros en los pueblos pilotos del proyecto.

El uso de precio de mercado debería dar una buena muestra de los costos de personal muy bien entrenado (si bien el trabajo expatriado puede tener costos elevados por cambio de divisa). El economista puede por lo tanto, asistir en la cuantificación de estos costos en manera que los proyectos puedan ser diseñados para poderlos repetir, implementar y ser abordables.

#### 9.4 Momentos y escala en el diseño de un proyecto

Los factores que se refieren a la selección de la tecnología en una proyectación no pueden ser examinados aisladamente, pero tienen que ser tratados dentro de un contexto entero del diseño e implementación de un proyecto. El cronograma y la escala son dos dimensiones adicionales; el economista puede ayudar a tomar decisiones apropiadas de proyectación cuando se consideran estos factores.

Momentos. Como se ha indicado anteriormente al discutir el descuento, es importante el cuando se reciben los beneficios y se hacen los gastos. Cualquier evaluación de proyecto que no descuenta los beneficios y costos que tienen lugar a lo largo del tiempo dará resultados confusos. Como se ha indicado en la Figura 9.1, dos Proyectos A y B, tienen los mismos beneficios totales netos - US\$250 (beneficios totales menos costos totales). El cronograma de la construcción y desarrollo de los proyectos, y de sus beneficios y costos, sin embargo, es tal que el Proyecto B será siempre preferido al Proyecto A con cualquier tasa positiva de descuento: O sea, los beneficios netos descontados del Proyecto B superan los del Proyecto A. Puesto que los recursos empleados en cualquiera de los Proyectos A o B son los mismos, el analista trata de hallar la alternativa que produzca el valor presente más alto (o sea, descontado) de los beneficios netos. Se trata del Valor Presente Neto (VPN) medida mencionada en el Capítulo 7.

La escala es otro factor que tiene importantes implicaciones en la proyectación. Por ejemplo, cuando se selecciona la escala óptima (o cobertura) de un programa de control de la erosión, el analista examinará varias alternativas físicas; cada alternativa puede aunar cierta combinación de área tratada y beneficios asociados. Al principio, un proyecto en pequeña escala atacaría las áreas más gravemente en peligro y produciría beneficios inmediatos; un proyecto más grande abarcaría una mayor superficie y produciría otro nivel de beneficio. Si se trataran todas las hectáreas, los beneficios serían más grandes pero también los costos vinculados. El cálculo VPN, por lo tanto, identifica la escala que maximiza los beneficios netos descontados. La Figura 9.2 lo señala en el punto A donde la distancia vertical entre las líneas de costo y beneficio es la mayor. Cualquier

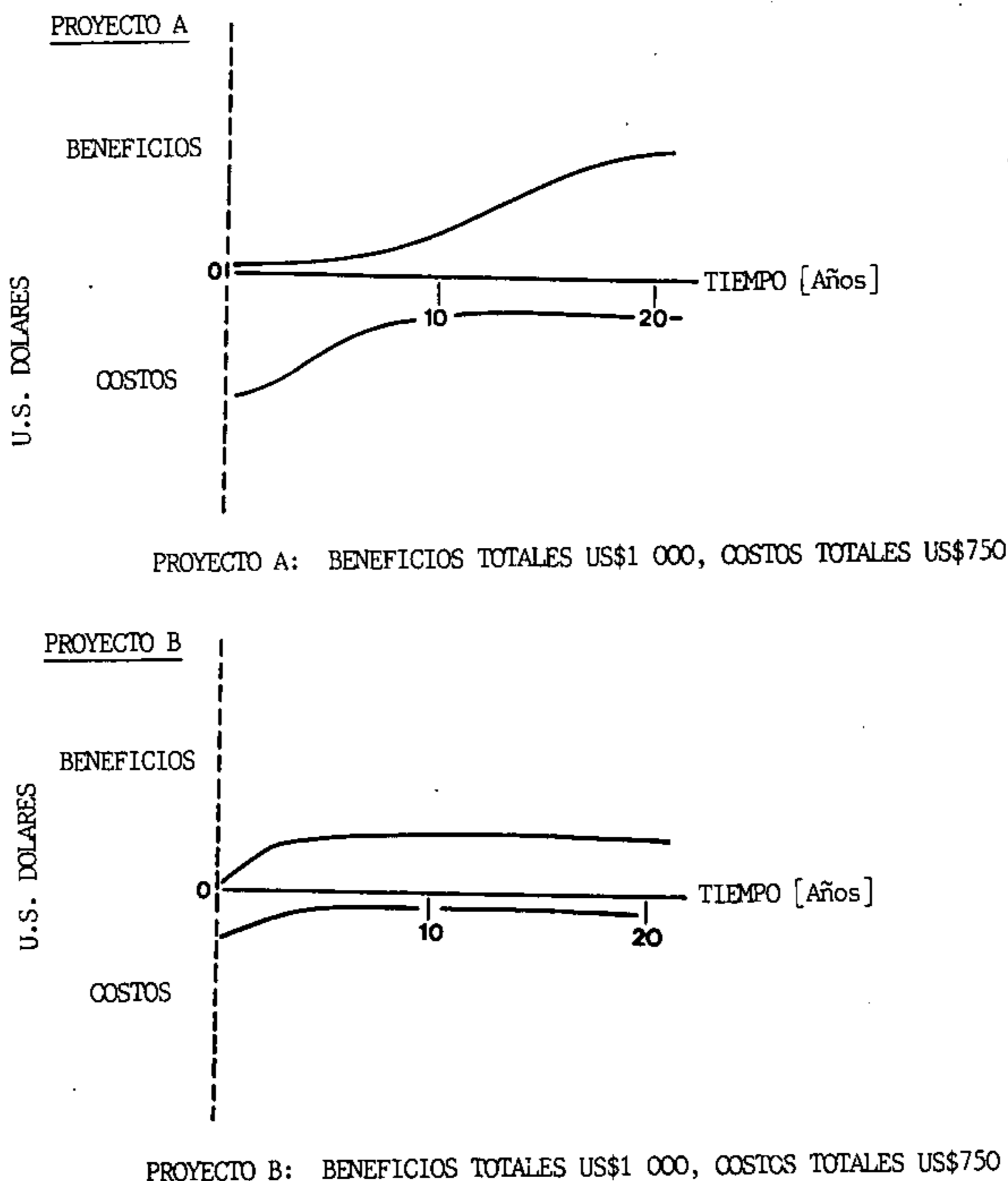


Figura 9.1 Comparación de dos proyectos con diferentes momentos para los beneficios y costos

otra decisión sobre escala producirá menores beneficios netos descontados. Observar que las decisiones sobre escala a la derecha del Punto A produce beneficios totales mayores, pero con crecientes costos (por ejemplo, Punto B). El VPN del Punto B es menor que en el Punto A.

La escala puede referirse tanto al tamaño del proyecto como a la vida útil esperada del mismo. Por ejemplo, un método comúnmente usado para controlar la erosión y sedimentación del suelo es la construcción de diques de contención en las cuencas de tierras altas. Tienen que tomarse decisiones sobre una cantidad de factores - cantidad total de diques, ubicación y escala. Los muros de contención pueden construirse de varias medidas y tener vida útil de diversas duraciones. Además, diques de los mismos tamaños pueden construirse con diferentes materiales y pueden por lo tanto durar diferentes extensiones de tiempo. El economista puede ayudar a analizar las permutas que surgen en la selección de la escala apropiada del muro de contención. Cuanto más permanentes sean los diques de contención tanto más cara será su construcción (un costo) pero también durarán más tiempo (un beneficio). En determinado momento el dique será colmado por sedimentos atrapados y, por lo tanto, deja de cumplir todas las funciones para las cuales estaba originariamente instalado (podría aún reducir algo la erosión, pero no retendrá más sedimento). Proyectar un dique diseñado para una duración de 100 años cuando terminará de rellenarse de sedimentos en cinco años, es un mal uso de los recursos.

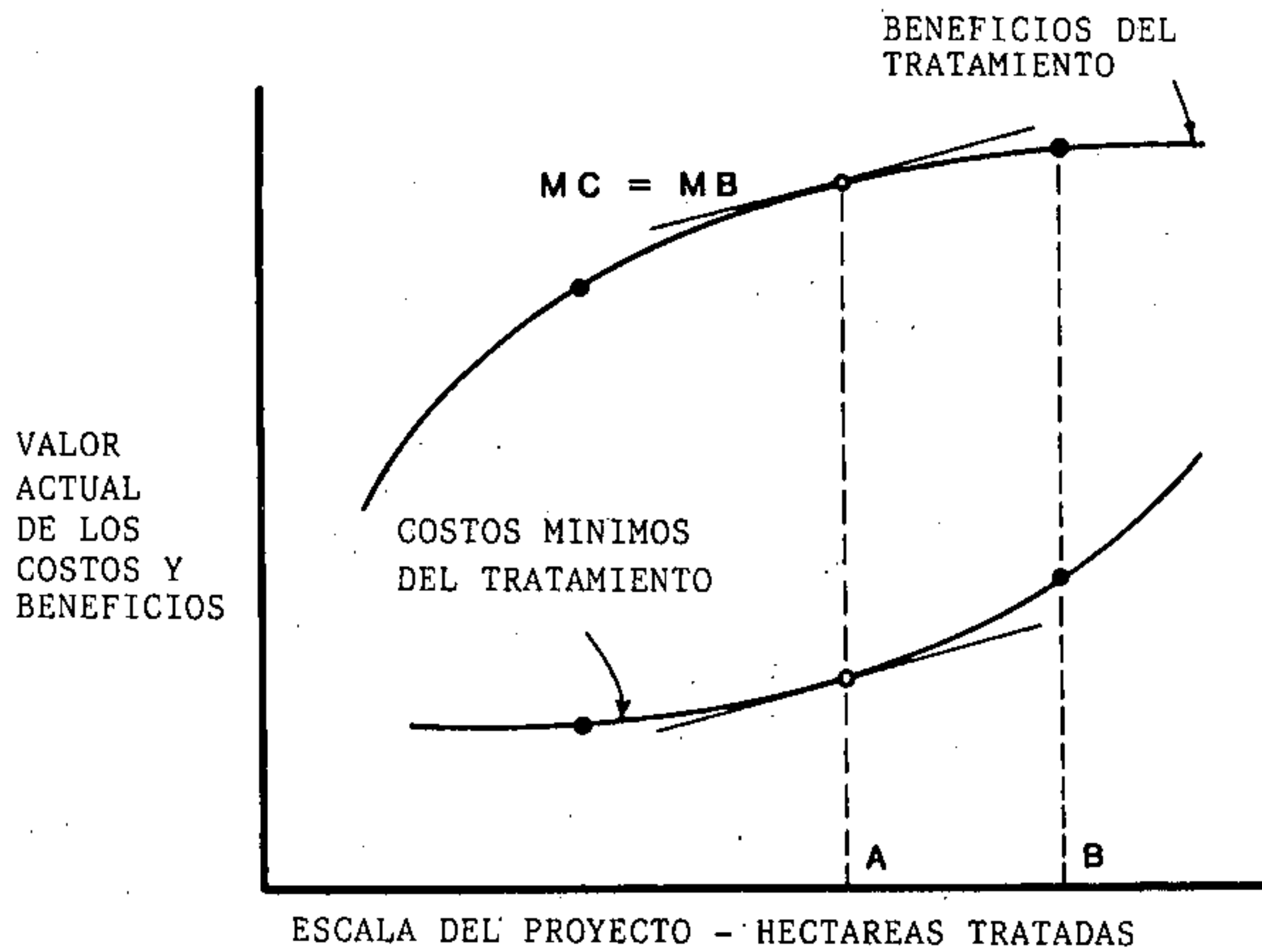


Figura 9.2 Análisis marginal o incremental de la escala del proyecto

Obviamente, hay una cantidad de variables que tienen que ser tomadas en cuenta en el ejemplo del dique de contención: Ubicación de los diques de contención, tipo de construcción, tamaño de caja dique, y eficiencia deseada de retención de sedimentos en el sistema. Un análisis económico correctamente hecho puede ayudar a clarificar las permutas involucradas ilustrando los costos de los recursos, y la cronología de cada alternativa. Una solución estrictamente de ingeniería podría ser técnicamente eficiente pero económicamente más costosa que otras alternativas disponibles.

### 9.5 Ubicación del proyecto y dimensión de la localización

Un área donde puede resultar útil el análisis económico, especialmente cuando se hace un análisis social más amplio, es en la ubicación del proyecto. La razón es muy sencilla: Visto en un sentido estrecho, una decisión de ubicación tendrá en cuenta los beneficios y costos de diversos sitios alternativos, definidos en forma estrecha. Suponer que un sistema de dique y represa tiene que construirse para generar hidroenergía y ofrecer protección contra inundaciones; hay dos o tres sitios técnicamente factibles. La solución ingenierística podría ofrecer una solución diversa de la solución económica sobre el problema de la ubicación. Mientras que la elección por ingeniería examina por lo común solamente aquellos costos implicados directamente en la construcción, un análisis económico incluirá los efectos ya sea sobre el lugar que fuera del lugar cuando comparan las alternativas. Por ejemplo, se dispone de cuatro sitios, A, B, C y D y los costos de ingeniería para el dique-represa son de 8, 10, 12 y 20 millones de dólares respectivamente (Cuadro 9.2). A los fines ilustrativos se supone que cada sitio producirá el mismo nivel de beneficios de generación de energía hídrica y de protección contra las inundaciones. El sitio A sería preferido en un estrecho análisis financiero.

En un análisis económico más amplio del mismo conjunto de sitios, el economista, trabajando conjuntamente con los ingenieros, científicos en ciencias naturales y planificadores, identifica un conjunto de mayores efectos dentro del sitio y fuera del sitio, para las alternativas. Ello incluye desarrollos pesqueros (en la represa y aguas abajo), habitat de vida silvestre, requisitos recreacionales, beneficios en el valor de la tierra y otros factores. Cada efecto se cuantifica y evalúa con un análisis "con y sin" (ver

Cuadro 9.2 Valor Neto Presente de beneficios y costos de tres proyectos alternativos para dique-represa (millones US\$)

Sitio	Costos		Beneficios				Beneficios Netos
	Construcción O, M y R	Pesca perdida aguas abajo	Hidroenergía	Protección inundación	Pesca Represa	Recreación Represa	
A	8	3	10	2	2	1	4
B	10	1	10	2	2	3	6
C	12	2	10	2	3	2	3
D	20	2	10	2	10	7	7

Nota: Todas las cifras son hipotéticas y representan valores presentes de costos y beneficios, descontados al 8% sobre un período de 25 años.

O, M y R = Operación, Mantenimiento, y Reposición.

Capítulo 6) y la información en el Cuadro 9.1 se presenta a los que toman decisiones. Los beneficios y costos de todos los insumos y salidas para un período de 25 años se incluyen en el cálculo del Valor Presente Neto adoptando una tasa de descuento del 8%.

Cuando se incluye el espectro más amplio de efectos económicos en el análisis, la clasificación por rango de los sitios alternativos cambia. Si bien los tres sitios de proyecto producen los mismos beneficios directos del proyecto (hidroenergía más protección contra la inundación benefician US\$12 millones), los otros beneficios y costos en el sitio y fuera del sitio varían. El Sitio D tiene ahora los beneficios netos más altos, US\$7 millones, seguido por los Sitios B, A y C.

Si este es el caso de alternativas no mutuamente excluyentes, entonces la simple elección basada sobre el máximo VPN no será necesariamente apropiada. Por ejemplo, podría ser perfectamente factible encarar A y B en dos sub-cuencas separadas en la región del proyecto, incurriendo así en el mismo costo total que para D - US\$22 millones - pero ganando beneficios netos de US\$10 millones en lugar de solamente US\$7 millones. Ello sería posible si el exceso de hidroenergía pudiera exportarse a otras regiones o aún otros países, como sucede en algunos casos. O, podría ser que la energía pueda ser utilizada dentro de la región del proyecto. En todo caso, es evidente que la economía del insumo en este tipo de problema de elección es más complejo que el simple cálculo de los VPN para diferentes alternativas y elegir aquellas con el VPN más elevado. Esta conclusión rige mientras se esté tratando con elecciones de tecnología, ubicación, escala o cronologías.

#### 9.6 Agregados de objetivos de un proyecto y encarando costos conjuntos

En algunos casos, el analista puede desear ver los efectos económicos por la adición de un objetivo secundario (o a los) objetivo(s) inicialmente concebido(s) para el proyecto. Por ejemplo, puede estar considerando un proyecto de plantación para producción de leña para una comunidad local. Puede aparecer la sugerencia que con un mínimo costo adicional, podría modificarse la proyección de manera que pueda producir beneficios de protección del suelo significativos (evaluados en términos de pérdidas de cosechas evitadas). ¿Cómo podría determinar si merece agregarse este nuevo objetivo al proyecto?

Aquí, la diferencia con el caso de una componente separable que pueda ser considerada incluíble, es que los costos de los dos propósitos - leña y protección del suelo - son en su mayor parte costos compartidos no separables. Ambos objetivos comparten el gasto principal, o sea, los gastos básicos de establecer y mantener la plantación. El procedimiento en este caso es de comparar el valor actual de los costos incrementables que tienen que ser agregados a este objetivo con los beneficios adicionales que derivan

de este objetivo aditivo. Puesto en otra forma, puede calcularse el VPN de las diferencias simples de los flujos de valores con y sin la componente de la protección del suelo. Si es positivo, merece agregarse este objetivo. Si resulta negativo, entonces los beneficios adicionales no justifican los costos adicionales. Este enfoque esencialmente va en paralelo con el ya sugerido en el Cuadro 9.1 al tratar las alternativas mutuamente excluyentes para componentes de diseño específico. El procedimiento de la Tasa de Retorno Marginal (TRM) podría también ser usado en este caso donde se calcularía la TRM asociada con la adición de una finalidad.

La diferencia indicada en el Cuadro 9.3 (Col. 4) en los flujos de costos para las dos alternativas (objetivos de leña solamente y combinación de leña/protección del suelo) se debe a los mayores costos por la expansión de las actividades de plantación a un área más crítica con mayor pendiente que puede producir beneficios de protección, modificaciones en el ritmo de plantaciones por unidad de superficie, y modificaciones en los procedimientos de manutención y cosecha. Las diferencias en las corrientes de beneficios se deben a la inclusión de los beneficios por protección del suelo (evaluados en términos de pérdidas evitadas de cosechas).

Cuadro 9.3 Determinar si un objetivo de proyecto es agregable al (los) objetivo(s) principal(es)

Rubro	Leña	(Valor US\$ '000)		PV de la diferencia (5%)
		Combinado con protección del suelo	Diferencia entre los dos	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<u>Costos</u> (por años)				
0	150	180	30	30,00
1	30	50	20	19,05
2	20	30	10	9,07
3	20	25	5	4,32
4-15	15	18	3	20,5 *
Total	-	-	-	82,94
<u>Beneficios</u> (por años)				
2	-	10	10	9,07
3	-	15	15	12,96
4-15	90	110	20	136,68 *
Total	-	-	-	158,71

El NPW de la diferencia (al 5%) es igual a  
 $158\ 710 - 82\ 940 = \text{US}\$75\ 770$

\* Se empleó la fórmula para el Valor Presente - PV - de una serie de pagos anuales iguales a fin de obtener el valor de la serie expresada en términos del valor año 4. Este valor fue luego descontado de nuevo a cuatro años para obtener el valor PV para el año cero.

Como se nota en el Cuadro 9.3, el VPN de la diferencia entre los dos flujos de valores es un valor positivo de US\$75 770, que significa que vale la pena agregar el objetivo de la protección del suelo cuando la tasa de descuento es del 5%, que se considera relevante para los análisis de proyectos sociales.



Si el analista no tiene seguridad sobre el valor de los beneficios asociados con un objetivo agregable, puede entonces estimar el valor mínimo que dichos beneficios aditivos tendrían que tener para justificar los costos adicionales relacionados con la producción de los beneficios antedichos. Tal tal efecto, se calcula un costo-precio como discutido en el Capítulo 7.

#### 9.7 Tratamiento de costos no recuperables

Puesto que la tensión se concentra sobre costos adicionales y beneficios adicionales, el analista tiene que tener cuidado sobre la forma como manipula las inversiones existentes. Hay un dicho que expresa que "costos no recuperables no se recuperan". Todo lo que significa es que los recursos, una vez invertidos en muchos tipos de estructuras físicas (un camino, un dique, una represa, un canal de riego) son costos no recuperables que no pueden ser rescatados para usarse en otro lugar en la economía. (Si la inversión tiene un determinado valor residual dicha suma tiene que ser contabilizada como beneficio para el año en que se recibe). Los equipos de fábrica o bombas de riego pueden ser reubicadas si resulta necesario y por lo tanto no son simples costos no recuperables. La implicación práctica de esto es que aún si se hubiera invertido en estructuras físicas grandes sumas de dinero, su costo no es un factor relevante en la decisión de nuevas inversiones o nuevos proyectos. (Inversiones del pasado crearán obligaciones por el pago de intereses, pero se trata de costos financieros y no económicos, y por lo tanto no se incluyen en el análisis). Cada proyecto o actividad tiene que ser considerada basándose sobre una determinada situación en ese momento asociando beneficios y costos con el nuevo proyecto.

Ciertos ejemplos ayudarán a clarificar este punto. Se han construido en una cuenca una serie de muros de contención. Todos son similares en su tamaño, pero varían las técnicas de construcción y los materiales. La mitad están hechos con cemento armado volcado en el lugar y al costo de US\$50 000 cada uno, mientras que la otra mitad son de estructuras de albañilería y piedra, costando US\$100 000 cada uno. La vida útil esperada para cada uno es de 50 años. Todos los muros están colmados de sedimentos y tienen que ser reemplazados o dragados. ¿Tiene el costo de la estructura algún peso sobre lo que se tiene que hacer? No, puesto que todos los costos de construcción son costos no recuperables y el único criterio relevante es el de permutar entre la remoción del sedimento de las estructuras existentes y la construcción de otras nuevas. Ello presume que ambas opciones producen beneficios idénticos. La cantidad invertida en el pasado no debería afectar la nueva decisión.

Deberán siempre evitarse (antes de la ejecución) equivocadas decisiones sobre la inversión o lamentarlas (después de ejecutadas). Sin embargo, las decisiones pasadas no deberían influir sobre las decisiones sobre nuevas inversiones exceptuando hasta donde afectan nuevos beneficios o costos. Obviamente, si una estructura de desviación estuviese completamente terminada exceptuando la instalación de las compuertas de control, el análisis beneficios-costos de la instalación de las puertas de control sería muy favorable - todos los beneficios de las inversiones pasadas vendrían a recibirse con una inversión relativamente pequeña en compuertas de control. Sin esta inversión no habrá beneficios. Por lo tanto, aplicando a este ejemplo el principio del "con o sin", el beneficio legítimo del proyecto (instalación de las puertas de control) se mide correctamente como la diferencia entre los beneficios de la estructura con o sin las compuertas de control.

## CAPITULO 10

### PRESENTACION DE LA ESTIMACION ECONOMICA

La finalidad de este capítulo es de sugerir la forma en que debería presentarse la estimación económica y resumir lo que debería incluirse en la estimación. En el proceso de realizar esta operación se subrayarán ciertos puntos claves de los capítulos anteriores.

#### 10.1 Pautas generales para la presentación

Se recalca el hecho que las cuestiones sobre la presentación no deben ser tomadas a la liviana; la forma cómo una apreciación viene presentada puede influir mucho sobre cómo viene usada efectivamente en la formulación de decisiones. La economía es un tema complicado de tratar y comprender para quienes no están familiarizados con ella día a día. Es una de las responsabilidades del analista económico la de presentar su labor en forma tan simple y clara posible. (Hay muchos casos donde quienes con intenciones desviadas o intereses especiales en la mente presentan sus estimaciones en una forma tan oscura que el formulador de decisiones no puede nunca captar el resultado real del análisis).

1. Deberá limitarse el lenguaje técnico en forma que el que no es especialista (el formulador de decisiones) pueda comprender claramente los resultados y las recomendaciones, si estas últimas han sido solicitadas al analista. (En muchos casos, quien hace el análisis ha sido invitado específicamente de no ofrecer recomendaciones para actuar).

2. Como regla general, un "resumen ejecutivo", de como máximo dos o tres páginas debería preceder al cuerpo de la presentación a su vez limitado a 20-30 páginas. Detalles adicionales pueden ser presentados en anexos técnicos o apéndices.

3. La presentación debe ser clara al describir los niveles de incertidumbres implicados en varias partes del análisis. En general, los formuladores de decisiones no se preocupan de que deben realizarse "estimaciones a ojo" cuando se hacen las estimaciones - indudablemente reconocen que ellas son necesarias. Pero se preocupan si las suposiciones del evaluador se esconden detrás del lenguaje técnico o de afirmaciones vagas. Es necesario ser honesto sobre cómo se han derivado los valores estimados y sobre cómo se han usado presunciones y datos discutibles. Los inconvenientes deberán ser discutidos abiertamente.

4. En la mayoría de los análisis del proyectos o componentes de cuencas, habrá una cantidad de información útil disponible, que es cualitativa. No deberá nunca mezclarse el uso de este material, y deberá presentarse directamente en el cuerpo del informe. De nuevo, quienes toman decisiones son completamente conscientes de que la información cualitativa puede ser útil.

5. Finalmente, puesto que los proyectos de cuencas son en la mayoría de los casos proyectos de "servicios", o sea que ellos apoyan otras actividades productivas como la generación de energía, riego, producción agrícola, mantenimiento de la salud y otros, es fundamental de que la presentación final a quienes toman decisiones especifique con claridad las conexiones entre el proyecto o componente de la cuenca y las actividades productivas que se discuten. Si bien esta conexión debería generalmente ponerse en evidencia en los cálculos de los beneficios, no está nunca de más subrayarlo en términos más generales en la introducción del informe, especialmente si los beneficios por el mantenimiento de sistemas o los beneficios por evitar pérdidas resultan ser los beneficios principales implicados en la ordenación de cuenca.

#### 10.2 Contenido de un informe típico de estimación económica

Como en el caso del análisis mismo, el informe final deberá seguir un orden lógico, discutiendo cada uno de los cinco pasos mayores de una estimación económica (ver Capítulo 2). Esta discusión puede conectarse con las principales preguntas que el formulador de decisiones (usuario de la estimación) muy probablemente puede hacer al leer el informe:

.. ¿Cuáles son los objetivos concretos y salidas deseadas del proyecto y de su estimación?

.. ¿Cuáles son los insumos que se necesitan para obtener las producciones deseadas y cómo se relacionan los insumos y las salidas? ¿Son ellas creíbles?

.. ¿Qué clases de supuestos valores unitarios ha usado el estimador para convertir los insumos y salidas físicas en medidas monetarias para los requerimientos de insumo y para las salidas esperadas? ¿Cómo encaja en estos supuestos con las anteriores experiencias y con el conocimiento existente?

.. De acuerdo con las preguntas para las estimaciones indicadas al inicio, ¿Cuáles son los resultados del análisis en términos de, por ejemplo, la viabilidad financiera, la riqueza económica, las implicaciones presupuestarias, las ganancias o ahorros en divisas externas, y sobre el empleo? ¿Parecen estos resultados realísticos?

.. ¿Qué sucedería si algunos de estos supuestos o cifras fuesen modificados?: En otras palabras, ¿Cuántos son los resultados sensibles a los cambios en los valores de insumos o salidas?

.. ¿Cuáles son las recomendaciones del estimador? (si resultan de interés).

#### 10.2.1 Insumos en el análisis (Capítulos 2-6)

Los insumos de información básica en el análisis o estimación de un proyecto de cuenca incluyen:

##### 1. .. Definición clara del proyecto o de los objetivos del programa;

\*\* Si no se definen bien claramente los objetivos, resulta que independientemente de la bondad de la estimación, resultará vaga y confusa. Vale la pena dedicar una buena cantidad de tiempo en definir los objetivos y restringirlos también en términos de momentos y ubicación, o sea indicar específicamente cuando y donde.

\*\* Los objetivos tienen que ser ya sea aceptables políticamente como factibles y operables institucionalmente y técnicamente.

##### 2. .. Identificación de los medios alternativos para alcanzar los objetivos;

\*\* El punto principal indicado en este título es de que debería iniciarse en forma amplia con una vasta gama de opciones definidas someramente para luego adelantar las sucesivas fases de estimación estrechando las opciones y definiéndolas más específicamente y con mayores detalles.

\*\* En todos los casos deberán considerarse explícitamente dos opciones, donde una de ellas es la de no hacer nada (las implicaciones del no hacer nada requieren un análisis explícito de todos modos para aplicar el procedimiento del "con o sin").

\*\* En la medida de lo posible, las opciones deberán incluir elementos de producción así como de conservación o protección; o sea, los programas que enfocan la producción de bienes deseados son por lo general mucho más apetecidos tanto para las comunidades locales como para los formuladores de decisiones políticas, que aquellos programas que enfocan solamente la protección y conservación ambiental; en efecto, la mayor parte de las actividades o programas de ordenación de cuencas con éxito, son partes de proyectos más grandes orientados a la producción.

\*\* En esta fase inicial del proceso de planificación y a variables niveles de detalles, a medida que adelanta el proceso, los aspectos económicos pueden ser empleados para considerar alternativas con respecto a las cuestiones sobre selección de cronologías, escala, ubicación y tecnología.

3. .. Información sobre insumos-salidas físicas para cada alternativa con relación a:

(a) Cambios en la producción de bienes y servicios con valores comerciales.

(b) Producción de beneficios aguas abajo (ver Figura 2.3) debidos a cambios en la producción de servicios ambientales tales como la protección del suelo y la prevención de la erosión, la mejora de la calidad del agua, y la regulación de las corrientes de agua.

Los puntos siguientes subrayan, de los Capítulos 3-6, los puntos claves para recordar cuando se presenta la información sobre insumos-salidas:

\*\* Tendrán que tomarse en consideración solamente las relaciones principales; las presentes pautas han tratado de subrayar todas las relaciones principales posibles; raramente todas o una mayor parte de ellas serán de relevancia vital en una situación particular.

\*\* Comenzar por aquellas relaciones que parezcan más fáciles de estimar; puede ser que algunos beneficios clave, más fácilmente cuantificables pueden producir valores suficientemente elevados para hacer que el proyecto sea aceptable. En tal caso, hay poca necesidad de gastar mucho esfuerzo y dinero tratando de medir y estimar ulteriormente los beneficios (ver estudio de la Cuenca de Loukkos, Anexo 1).

\*\* Muchas relaciones en las cuencas (relaciones físicas de insumos-salidas) no resultan cuantificadas bien, especialmente para los trópicos; deberá dependerse sobre estimaciones y juicio profesional; es mejor de emplear cierto orden de grandeza para un efecto más bien que ignorarlo; puede ser tanteada la sensibilidad de los resultados de la estimación hacia los valores de estas relaciones poco conocidas para ver cuanto son críticas.

\*\* En algunos casos se dispone de la información sobre insumos-salidas físicas pero no en tal forma de poder ser usada rápidamente en una estimación económica; por ejemplo, las toneladas de pérdida evitada de suelo gracias a ciertas prácticas mejoradas de uso de la tierra no tienen sentido en el análisis económico; dicha información tiene que ser traducida en pérdidas evitadas de cosechas, inundación o hidroenergía u otras pérdidas evitadas que tengan un sentido en términos de consumo humano; siendo la única manera por la que los valores pueden asociarse con los beneficios (la pérdida evitada de suelo en si misma o por si misma no tiene valor para el hombre).

\*\* No todas las salidas de los proyectos de cuencas serán positivas; por ejemplo, puede ser necesario reducir la cantidad de animales en pastoreo para recuperar áreas críticas, o ciertas prácticas para reducir la erosión (por ejemplo, plantación de árboles) pueden reducir la cantidad de agua disponible durante períodos críticos secos.

\*\* Recordar de aplicar el principio del "con y sin": El análisis debería considerar solamente cambios incrementales en insumos y salidas debidos al proyecto; aquí es necesario recordar que la situación "sin" del proyecto es raramente la misma de la situación "antes" del proyecto, por lo tanto, por ejemplo, puede existir un cierto nivel de erosión antes de instituir el proyecto destinado a reducir la erosión; dicho nivel muy posiblemente no quedará al nivel de antes del proyecto; más bien, empeorará con el tiempo; esta tendencia tendrá que ser tomada en consideración cuando se definirá la situación "sin" el proyecto.

\*\* Tener presente que hay una acumulación de suelo que debe ser considerada; por lo tanto, en áreas con suelos bastante profundos, pueden no notarse las pérdidas de productividad aún si ocurren pérdidas drásticas de suelo (acumulaciones); en tales casos es necesario proyectarse en el futuro hasta el punto del momento en que se notarán las pérdidas actuales de productividad; se trata también de un caso claro donde la descripción cualitativa sobre de cómo se pierde el capital suelo o su acumulación puede ser útil para llamar la atención de quienes toman decisiones sobre los peligros futuros de daños irreversibles. En este caso, la salida de un proyecto para reducir las pérdidas de suelo puede ser considerada un beneficio de "mantenimiento".

\*\* Recordar que se está tratando de un flujo de beneficios o salidas en el curso de un tiempo; la dimensión tiempo es crítica y debe pensarse en definir un horizonte apropiado de tiempo para medir las relaciones insumos-salidas.

\*\* Mientras se procede con la mecánica real de estimar el rendimiento de agua, y estabilización del suelo y cambios en la calidad del agua debido a varias prácticas de ordenación de cuencas (Capítulos 4 y 5), tener presente que la información tanto cualitativa como cuantitativa es útil; por lo tanto, deberán anotarse las irreversibilidades para la discusión cualitativa, por ejemplo, la pérdida de especies debida a la interferencia con su ambiente.

\*\* Un punto crítico para recordar es que los insumos considerados en el análisis anterior deberán incluir aquellos relacionados con la implementación de los programas o proyectos que se están estimando; o sea, además de los tipos de insumos físicos - cemento, plántulas, mano de obra, vehículos, etc. - se deberá ser suficientemente específico en la identificación de los insumos para el manejo necesario para ejecutar de hecho un proyecto y hacer que se operable. Deben considerarse también los costos contingentes; algunas instituciones agregan rutinariamente al presupuesto entre el 25 y el 30% del costo total para el costo de contingencias físicas.

4. .. Medidas de valor para insumos y salidas, deberán incluir:

(a) Precios de mercado para los cálculos financieros.

(b) Precios sombra para usar en el análisis económico.

Los puntos siguientes subrayan ciertas consideraciones del Capítulo 6 relacionadas con la evaluación de insumos y salidas:

\*\* Existen muchas técnicas analíticas sencillas que pueden usarse efectivamente para dar un valor a los insumos y salidas; en la mayoría de los casos no se necesitan técnicas complejas.

\*\* En una estimación económica práctica deberán emplearse los precios de mercado a menos que existan razones claras para desarrollar un precio sombra que refleje mejor el valor de la escasez y que elimine distorsiones de los precios de mercado; si se desarrollan precios sombra, por ejemplo, para bienes y servicios sin mercado comercializados, deberían ensayarse antes procedimientos con precios de mercado subrogados; solamente en casos excepcionales se usarán procedimientos sobre evaluación hipotética; en muchos casos es preferible describir simplemente los efectos físicos u otros en el informe de la estimación más bien que tratar de desarrollar valores monetarios artificiales.

\*\* Comenzar a aplicar la evaluación usando los principales efectos observados sobre el sitio y luego en etapas sucesivas seguir hacia abajo en la cuenca.

\*\* Puede evaluarse, usando precios de mercado subrogados, una gran cantidad de efectos ambientales asociados con la ordenación de la cuenca, por ejemplo, basados sobre precios de cambios de las salidas asociadas con los efectos ambientales; ello es especialmente válido para los efectos aguas abajo.

Salidas de la evaluación

En las salidas de la evaluación influirán tablas de flujos de valores que indican los flujos de costos y beneficios a lo largo del tiempo, que se asocian con el proyecto o actividad de la ordenación de la cuenca. Cuando la actividad es parte de un proyecto más grande, se provee entonces cierta indicación con relación a dicho proyecto mayor.

5. .. Medidas del valor de un proyecto o actividad. En todos los casos hay dos preguntas sencillas, fundamentales, que se hacen:

¿Vale la pena ejecutar el proyecto propuesto? O sea, ¿Es el valor de las salidas superior al valor de los insumos? Y ¿Es la forma en que se propone para obtener las salidas mejor que otros caminos alternativos para obtenerlas?

\*\* Ambos análisis financieros y económicos tienen que ejecutarse para contestar estas preguntas y comprender los impactos y el grado de deseo por el proyecto desde diferentes perspectivas.

\*\* El análisis de eficiencia económica usará los cuadros de flujos de valores y podrán calcularse diversas medidas del valor del proyecto - Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, o Relación Beneficio-Costo. Tendrán que tomarse decisiones sobre tasas de descuento, el apropiado horizonte cronológico y sobre qué incluir y qué cosa excluir del análisis.

\*\* Aparte de la eficiencia económica, varios impactos y medidas económicas tienen que ser considerados. Se incluyen las medidas relacionadas con la distribución de ingresos, impactos regionales y efecto sobre balanza de pagos.

\*\* Como se ha mencionado, quedarán muchos efectos del proyecto para ser tratados en términos cualitativos. Ciertos beneficios y costos no cuantificables o no monetizables vienen aún así incluidos en el análisis que se presentará a quien toma decisiones junto con las medidas cuantitativas del valor del proyecto.

\*\* Además, el economista deberá participar en la consideración de las implicaciones de varios aspectos institucionales para la ejecución exitosa de un proyecto. En medida de lo posible, tales cuestiones deberán ser consideradas también cuando se desarrollan medidas de valor adecuadas, por ejemplo, en el caso de limitaciones por precios mínimos o precios topes.

6. .. Visión detallada sobre la incertidumbre asociada con el proyecto. Los que toman decisiones sobre el proyecto quieren generalmente tener cierta idea con respecto al nivel de incertidumbre asociada con los resultados de la estimación del proyecto; desean saber cuales oportunidades existen para su ejecución exitosa y cuales son las oportunidades para que los beneficios y los costos resulten similares a los proyectados en las estimaciones. Los puntos claves cubiertos en el Capítulo 8, son los siguientes:

\*\* En la mayoría de los casos, no será posible ejecutar análisis de probabilidades actuales con respecto a las medidas del valor del proyecto. En cambio, deberá ser suficiente alguna forma de análisis de sensibilidad. En dicho análisis se prueba la sensibilidad de las mediciones del valor de supuestas alternativas en lo que se refiere a entradas y salidas.

\*\* Si se encuentra que existen niveles de incertidumbre inaceptables, entonces los proyectos pueden ser diseñados de nuevo, pueden integrarse en el proyecto contingencias y flexibilidad adicionales o, por supuesto, el proyecto puede ser rechazado.

Todos los puntos anteriores deberán ser tomados en cuenta cuando se prepare el informe de estimación destinado a los planificadores y a quienes toman decisiones. El formato exacto del informe dependerá de la agencia específica para la cual se prepara la estimación, pero las consideraciones que se incluyen en ella serán bastante comunes a todas las estimaciones.

BIBLIOGRAFIA

- Allaoui, M. 1981 L'Aménagement anti-érosif des bassins versants du Brikh et du Chiba (Tunisie). Les aspects socio-économiques et institutionnels. Projet UNDP/FAO - TUN/77/007. Field document. Tunis. 40 pp.
- Anderson, H.W., Hoover, M.D. and Reinhart, K.G. 1976 Forests and Water: Effects of Forest Management on Floods, Sedimentation, and Water Supply. USDA Forest Service Gen. Tech. Report PSW-18. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, P.O. Box 245, Berkeley, California. 115 pp.
- Arnoldus, H.M.J. 1977 Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. FAO (Rome), Soils Bulletin 34: 8-9, 39-48.
- Baumol, W.J. 1968 On the social rate of discount. American Economic Review 58: 788-802.
- Bennett, H.H. 1939 Soil conservation. McGraw-Hill, New York. 993 pp.
- Bochet, J.J. 1983 Ordenación de cuencas hidrográficas: Participación de las poblaciones de montaña. Guía FAO de Conservación 8. Roma. 199 pp.
- Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. 1982 A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology 55: 3-23.
- Brooks, K.N., Gregersen, H.M., Berglund, E.R. and Tayaa, M. 1982 Economic evaluation of watershed projects - An overview methodology and application. Water Resources Bulletin 18(2): 245-250.1.
- Burroughs, E.R., Jr. 1985 Landslide hazard rating for the Oregon Coast Range. In: Watershed Management in the Eighties. Jones, E.B. and Ward, T.J. (Eds.) ASCE Symposium, Denver, Colorado. pp. 132-139.
- Cernea, M. (Ed.). 1985 Putting People First: Sociological Variables in Rural Development. Oxford University Press: Oxford.
- Contreras, A. and Gregersen, H. 1982 Policy considerations in forestry project evaluations. Journal of Forestry, June, 1982. pp. 363-364.
- Darbellay, C. 1980 Caractéristiques socio-économiques des communes rurales et montagnardes; leur signification dans l'aménagement régional et local. Thèse ETH 6558, Zürich, Suisse.
- de Camino, R. 1978 Estimación de costos y beneficios de los trabajos de protección y conservación de suelos. Project Working Document 2. FAO/UNDP - HON/77/006. Tegucigalpa.
- de Camino, R. 1985 Incentivos para la participación de la comunidad en programas de conservación. Guía FAO de Conservación 12. Roma. 208 pp.
- Dissmeyer, G.E. and Foster, G.R. 1985 Modifying the Universal Soil Loss Equation for Forest Lands. In: Soil Erosion and Conservation. El Swaify, S.A., Moldenhauer, W.L. and Lo, A. (Eds.) Soil Cons. Soc. of America, Ankeny, pp. 480-495.

- Dixon, J.A. and Hufschmidt, M.M. (Eds.). Economic Valuation Techniques for the Environment: A Case Study Workbook. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1986
- Dongelmans, L. Análisis financiero de reforestación para leña y de cultivos en terrazas. Project UNDP/FAO - HON/77/006, Project Working Document 6. Tegucigalpa. 1980
- Douglass, J.E. The potential for water yield augmentation from forest management in the eastern United States. Water Resources Bulletin 19(3): 351-358. 1983
- Douglass, J.E. and Swank, W.T. Streamflow modification through management of eastern forests. USDA Forest Service Research Paper SE-94, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, North Carolina. 15 pp. 1972
- Drysdale, P.J. Status of general and forest hydrology research in Fiji. In: Country Papers on Status of Watershed Forest Influence Research in Southeast Asia and the Pacific. Working Paper, EAPI, East-West Center, Honolulu, Hawaii. 15 pp. 1981
- Dunin, F.X. and Mackay, S.M. Evaporation of Eucalypt and coniferous forest communities. Proc. First National Symposium on Forest Hydrology. The National Committee on Hydrology and Water, Melbourne, Australia. pp. 18-29. 1982
- Dunne, T. Evaluation of erosion conditions and trends. In: Guidelines for Watershed Management. In: FAO Conservation Guide 1, Kurkle, S.H. and Thames, J.L. (Eds.), Rome. pp. 53-83. 1977
- Easter, K.W., Dixon, J.A. and Hufschmidt, M.M. (Eds.). Watershed Management: An Interdisciplinary Approach. Westview Press. Boulder, Colorado. Forthcoming. 1986
- Edwards, K.A. and Blackie, J.R. Results of the East African Catchment Experiences 1958-1974. In: Tropical Agricultural Hydrology. John Wiley and Sons. New York. pp. 163-188. 1981
- El-Swaify, S.A., Dangler, E.W. and Armstrong, C.C. Soil erosion by water in the tropics. Research Extension Series 024, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Honolulu. 173 pp. 1982
- FAO Strategies, Approaches and Systems in Integrated Watershed Management. FAO Conservation Guide 14. Rome. 232 pp. 1986
- Federer, C.A. Forest transpiration greatly speeds streamflow recession. Water Resources Research 9(6): 1599-1604. 1973
- Freund, F.A., Jr. and Tolley, G.S. Operational procedures for evaluating flood protection benefits. Chapter 10. In: Economics and Public Policy in Water Resources Development. Smith, S.C. and Castle, E.N. (Eds.). Iowa State University Press. Ames, Iowa. 1966
- Gil, N. Watershed development with special reference to soil and water conservation. FAO Soils Bulletin 44. Rome. 257 pp. 1979
- Gilmour, D.A., Cassells, D.S. and Bonell, M. Hydrological research in the tropical rainforests of north Queensland: Some implications for land use management. In: Proc. First National Symposium on Forest Hydrology. The Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication 82/6: 145-152. 1982
- Gittinger, J.P. Compounding and Discounting Tables for Project Evaluation. John Hopkins University Press. Baltimore. 1973



- Gittinger, J.P. Economic Analysis of Agricultural Projects: Second Edition, John  
1982 Hopkins University Press. Baltimore.
- Gottinger, H.W. Benefit cost analysis for environmental decision making *Angewandte*  
1983 *Systemanalyse (Applied Systems Analysis) Bank 4/Heft 3*: 112-124.
- Gregersen, H.M. and Brooks, K.N. Economic analysis of watershed projects: Special  
1980 problems and examples. In: *Economic Analysis of Forestry Projects; Readings*. FAO Forestry Paper 17, Suppl. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. pp. 133-176.
- Gregersen, H.M. and Contreras, A.H. Economic analysis of forestry projects. FAO  
1979 Forestry Paper 17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. 193 pp.
- Gregersen, H.M. and McGaughey, S. Forest based development in Latin America. Inter-  
1983 American Development Bank. Washington, D.C.
- Gregersen, H.M., Montgolfier, J. and Randers, J. Forestry Project Appraisal: A  
1981 Framework for Public Administrations. Document CT/FOR/4. Organization for Economic Cooperation and Development. Paris.
- Haan, C.T. Statistical methods in hydrology. Iowa State University Press. Ames,  
1977 Iowa. 378 pp.
- Haan, C.T., Johnson, H.P. and Brakensiek, D.C. (Eds.). Hydrologic modelling of small  
1982 watersheds. American Society of Agricultural Engineers, Monograph No. 5. 533 pp.
- Hamilton, L.S. with King, P.N. Tropical forested watersheds - hydrologic and soils  
1983 response to major uses or conversions. Westview Press. Boulder, Colorado. 168 pp.
- Hamilton, L.S. and Snedaker, S.C. (Eds.). Economic considerations in mangrove management.  
1984 Section IV in: *Handbook for Mangrove Area Management*. Environment and Policy Institute, East-West Center and the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 123 pp.
- Hamilton, L.S. and Pearce, A.J. Bio-physical aspects of integrated watershed  
1986 management. Chapter 3 in *Watershed Management: An Interdisciplinary Approach*. Easter, K.W., Dixon, J.A. and Hufschmidt, M.M. (Eds.). Westview Press. Boulder. Forthcoming.
- Harr, R.D. Potential for augmenting water yield through forest practices in western  
1983 Washington and western Oregon. *Water Resources Bulletin* 19(3): 383-393.
- Harvey, M.D., Watson, C.C. and Schumm, S.A. Gully erosion. Tech. Note 366, U.S.  
1985 Dept. Interior, Bureau of Land Management. 181 pp.
- Heede, B.H. Gully development and control: The status of our knowledge. USDA Forest  
1976 Service Research Paper RM-169, Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta., Fort Collins, Colorado 80521. 42 pp.
- Helmerts, F.L.C.H. Project Planning and Income Distribution. Martinus Nijhoff, The Hague.  
1979
- Hewlett, J.D. Forest and floods in the light of recent investigation. In: Proc. of  
1982 the Canadian Hydrology Symp. '82, Hydrologic Processes of Forested Areas, Fredericton, N.B., Canada. pp. 543-559.
- Hibbert, A.R. Water yield improvement potential by vegetation management on western  
1983 rangelands. *Water Resources Bulletin* 19(3): 375-381.

- Hidalgo, P. Síntesis de la evaluación socioeconómica del programa de subsidio conservacionista. Sociedad Venezolana de Ingenieros Forestales. Jornadas Técnico Forestales. Caracas.  
1978
- Hitzhusen, F.J. The economics of biomass for energy: Towards clarification for non-economists. Mimeo. Ohio State University.  
1982
- Horton, J.S. and Campbell, C.J. Management of phreatophyte and riparian vegetation for maximum multiple use values. USDA Forest Service Research Paper RM-117, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 23 pp.  
1974
- Hufschmidt, M.M. Implementation of sediment programmes. Background Paper for Workshop on the Management of River and Reservoir Sedimentation in Asian Countries, May 14-19, EAPI, East-West Center, Honolulu, Hawaii.  
1984
- Hufschmidt, M.M., James, D.E., Meister, A.D., Bower, B.T. and Dixon, J.A. Environment, Natural Systems and Development - An Economic Valuation Guide. The John Hopkins University Press, Baltimore. 338 pp.  
1983
- Johnson, S.H., III and Kolavallii. Physical and Economic Impacts of Sedimentation on Fishing Activities: Nam Pong Basin, Northeast Thailand. Water International No. 9: 185-188.  
1984
- Kattlemann, R.C., Berg, N.H. and Rector, J. The Potential for Increasing Streamflow from Sierra Nevada Watersheds. Water Resources Bulletin 19(3): 395-402.  
1983
- Kessel, M.L. Timber Harvest, Landslides, Streams and Fish Habitat on the Oregon Coast. Journal of Forestry 83(10): 606-607.  
1985
- Klock, G.G. Some soil erosion effects on forest soil productivity. Chapter 5. In: Determinants of Soil Loss Tolerance. Proc. Symp. Soil Science Soc. America, Fort Collins, Colorado. ASA Spec. Publ. 45: 53-66.  
1982
- Kunkle, S.H. and Thames, J.L. (Eds.). Guidelines for Watershed Management. FAO Conservation Guide 1. Rome. 293 pp.  
1977
- Lane, L.J. Transmission losses. Chapter 19. In: National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. USDA Soil Conservation Service.  
1983
- Lee, R. Forest Hydrology. Columbia University Press, New York, New York. 349 pp.  
1980
- Lee, R. Evaluation of solar beam irradiation as a climatic parameter of mountain watersheds. Hydrology Paper 2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. 50 pp.  
1963
- Lombardi, N.F. and Bertoni, J. Tolerancia de perdidas de terra para sobs do Estado de Sao Paulo. Bol. Tec. Inst. Agron. 28: 1-12.  
1975
- McElroy, A.D., Chiu, S.Y., Nelgen, J.W., Aleti, A. and Bennett, F.W. Loading functions for assessment of water pollution from nonpoint sources. EPA Technology Series. EPA-600/2-76-151. Washington, D.C.  
1976
- Misuyama, T., Ikeya, H. and Imamura R. Methods for zoning debris flow vulnerable areas. In: Symp. on Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability. EAPI, East-West Center, Honolulu, Hawaii. pp. 275-280.  
1984
- O'Loughlin, C.L. Effectiveness of introduced forest vegetation for protection against landslides and erosion in New Zealand's steepplands. In: Symp. on Effects of Forest Land Use on Erosion and Slope Stability. EAPI, East-West Center, Honolulu, Hawaii. pp. 275-280.  
1984

- Petak, W.J. and Atkisson, A.A. Natural hazard risk assessment and public policy -  
1982 anticipating the unexpected. Springer-Verlag, New York. 489 pp.
- Pilgrim, D.H., Doran, D.G., Rowbottom, I.A., MacKay, S.M. and Tjendana, J. Water balance  
1982 and run-off characteristics of mature and cleared pine and Eucalypt  
catchments of Lidsdate, New South Wales. Proc. First National Symp. on  
Forest Hydrology, The National Committee on Hydrology and Water, Melbourne,  
Australia. pp. 103-110.
- Ponce, S.L. (Ed.). The potential for water yield augmentation through forest and range  
1983 management. American Water Resources Association, Bethesda, Maryland.  
69 pp.
- Roehl, J.W. Sediment source area delivery ratios and influencing morphological factors.  
1962 In: Publ. No. 59. Proc. Symp. IASH, Gentbrugge, Belgium. pp. 202-213.
- Schuster, E. Economic Impact Analysis for Forestry Projects: A Guide to Evaluation of  
1980 Distributional Consequences. FAO, Rome.
- Sfeir-Younis, A. Soil Conservation in Developing Countries: A Background Report. Draft  
1985 Manuscript. The World Bank: Washington, D.C.
- Singh, I. Small farmers and the landless in South Asia. Staff Working Paper No. 320.  
1979 The World Bank, Washington, D.C.
- Sinha, B. Role of watershed management in water resources development planning -  
1984 Need for integrated approach to development of catchment and command of  
irrigation projects. Water International 9(4): 158-160.
- Smaithers, W.M., Jr., Jordan, C.F., Farnworth, E.G. and Tidrick, T.H. An Economic  
1983 Production-Function Approach to Ecosystem Management. Bioscience 33(10):  
642-646.
- Spears, J. and Rowe, R.D.H. Preliminary guidelines for designing watershed rehabilitation  
1980 projects for bank financing. Paper presented in World Bank's Second  
Agricultural Sector Symposium.
- Steverlynck, J. Développement agricole de la vallée des Trois Rivières, Haiti. Project  
1976 UNDP/FAO - HAI/72/006. Technical Report 1. 158 pp.
- Stromquist, L., Lunden, B. and Chakela, Q. Sediment sources, sediment transfer in a small  
1985 Lesotho catchment - A pilot study of the spatial distribution of erosion  
features and their variation with time and climate. South African  
Geographical Journal 67(1): 3-13.
- Swift, L.W., Jr. Computational algorithm for solar radiation on mountain slopes. Water  
1976 Resources Research 12: 108-112.
- Tejwani, K.G. and Babu, R. Economic evaluation of the environmental benefits of soil  
1982 and water conservation programmes. Indian Journal of Soil Conservation  
10(2-3): 80-90.
- Todd, D.K. The water encyclopedia. Water Information Center, Water Research Building,  
1970 Port Washington, N.Y. 559 pp.
- Toy, T.J. (Ed.). Erosion - Research Techniques, erodibility and sediment delivery.  
1977 Geo Book, Geo Abstracts Ltd., Norwich, England. 86 pp.
- Troendle, C.A. The Potential for Water Yield Augmentation from Forest Management in the  
1983 Rocky Mountain Region. Water Resources Bulletin 19(3): 359-373.

- Trustum, N.A., Thomas, V.J. and Lambert, M.G. Soil Slip Erosion as a Constraint to Hill  
1984 Country Pasture Production. Proc. New Zealand Grassland Assoc. 45: 66-76.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Guidelines for Project  
1972 Evaluation. United Nations: New York.
- United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service. An Approach to Water  
1980 Resources Evaluation of Nonpoint Silvicultural Sources (A Procedural Handbook). EPA-600/8-80-012, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia 30605.
- United States Department of Agriculture (USDA). Hydrology. Section 4. Soil Conservation  
1972 Service National Engineering Handbook. Washington, D.C.
- U.S. Water Resources Council. Guidelines for determining flood flow frequency. Bulletin  
1976 No. 17 of the Hydrology Committee, Washington, D.C.
- Van Hylckama, T.E.A. Water Use by Saltcedar. Water Resources Research 6: 728-735.  
1970
- Verry, E.S. Estimating water yield differences between hardwood and pine forests.  
1976 USDA Forest Service Research Paper NC-128, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, Minnesota. 12 pp. & Appendices.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. A Universal Soil-Loss Estimating Equation to Guide  
1961 Conservation Farm Planning. Transactions, 7th Congress, International Soil Science Society 1: 418-425.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East  
1965 of the Rocky Mountains. Agricultural Handbook No. 282, USDA, Washington, D.C.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. Predicting Rainfall-Erosion Losses - A Guide to  
1978 Conservation Planning. Agricultural Handbook No. 537, USDA, Washington, D.C.
- Wu Kai, Liu Changming. The effects of forest on water and soil conservation in the Loess  
1984 Plateau of China. China Geographer No. 12: Environment, Pannell, C.W. and Salter, C.L. (Eds.). Western Press. pp. 25-39.
- Yost, R.S., El Swaify, S.A., Dangler, E.W. and Lo, A. The influence of simulated soil  
1985 erosion and restorative fertilization of maize production in an oxisol. pp. 248-261 in Soil Erosion and Conservation, El-Swaify, S.A., Moldenhauer, W.C. and Lo, A. (Eds.). Soil Cons. Soc. of America, Akeny.

A N E X O 1

EVALUACION ECONOMICA DE LOS PROYECTOS DE CUENCAS  
- REVISTA DE LA METODOLOGIA Y SU APLICACION 1/

Abril 1982 - Brooks, K.N.; Gregersen, H.M.; Berglund, E.R. y Tayaa, M. 2/

RESUMEN: La deforestación y el uso intensivo del suelo en uan escala global ha provocado el desgaste de las cuencas y amenazado las represas municipales y para riegos. Los programas de rehabilitación de cuencas deben asignar recursos a proyectos prioritarios. Se indica un procedimiento para quien toma decisiones del que se obtiene un análisis económico global de cuatro pasos integrando consideraciones físicas y biológicas. El procedimiento de revisión global ha sido aplicado a un proyecto corriente de cuenca propuesto en Marruecos.

(TERMINOS CLAVE: Rehabilitación de cuenca; economía; análisis del proyecto; erosión; sedimentación; Marruecos).

INTRODUCTION

Los problemas asociados con la deforestación, pastoreo excesivo, y nomadismo o prácticas agrícolas transeúntes sobre tierras de cuenca, han sido encarados solo recientemente en escala global, si bien países como Marruecos han sido explotados por los habitantes de la cuenca y por intereses extranjeros durante más de 2 500 años (El Gharbaoui, 1976). La erosión del suelo en tierras altas, la sedimentación de los ríos, represas y llanos aluviales y sus relativas inundaciones son consecuencia del deterioro de las tierras forestales, de pastoreo y agrícola, al mismo tiempo que amenazan las represas municipales y de riego. Recientemente se ha analizado (Anónimo, 1980), la gravedad de estos problemas en los bosques tropicales del mundo. La tala rasa de 10 a 20 millones de hectáreas de bosque tropical cerrado tiene implicaciones biológicas, físicas, sociales y económicas de gran proyección. En otras áreas, incluyendo las tierras altas del norte de Marruecos y otros países en Africa, América del Sur, y Asia, el desmonte, los cultivos nómadas y el pastoreo excesivo han hecho pagar su precio a la productividad del suelo y a las economías aguas abajo. Si bien prácticas de uso de la tierra específicas pueden variar de una región a otra, la decadencia de cuencas es un denominador común prácticamente en cada caso. Se elimina la cobertura vegetal y prácticas deficientes del uso de la tierra modifican las características hidrológicas de las cuencas (Berglund, et al, 1981).

Los proyectos de rehabilitación de cuencas chocan invariablemente con limitaciones presupuestarias - demasiadas necesidades para los recursos disponibles. Los formuladores de decisiones, por lo tanto, requieren una fórmula para asignar recursos a proyectos prioritarios. Si bien en un proceso normal se concretan ejemplos demostrativos políticos, muchas consideraciones válidas se tienen en cuenta en la mayoría de las decisiones para proyectos y programas de ordenación de cuencas hidrológicas. Ellas incluyen los aspectos económicos y la eficiencia económica asociada con varios proyectos alternativos para cuencas.

---

1/ Doc. No. 81134 del Water Resources Bulletin. American Water Resources Association. Discusiones abiertas hasta diciembre 1, 1982. (Publicado bajo Scientific Journal Series Article No. 11 390, Agricultural Experiment Station).

2/ Brooks, Gregersen y Tayaa, respectivamente, Profesor Asociado, Profesor y Estudiante Graduado College of Forestry, 110 Green Hall, Univ. of Minnesota, St. Paul, Minnesota 55108; Berglund, DNR - Minerals, Box 45, Centennial Bldg., St. Paul, Minnesota 55155.

Estudios de factibilidad detallados, en plena escala son caros y pueden justificarse solamente donde los análisis iniciales indican que el proyecto tiene valores potenciales válidos. En muchos países en vía de desarrollo no se dispone de la información requerida para el análisis de factibilidad detallado. Este documento proporciona un procedimiento práctico, de bajo costo para integrar las consideraciones físicas y biológicas para un análisis económico de proyecto de cuenca propuesto - un concepto semejante al de Walski y Pelliccia (1981) para estimar los costos de proyectos de represas. Puede introducirse el procedimiento al inicio de la planificación del proyecto para asegurar que los diseños alternativos para un determinado proyecto sean considerados con relación a su eficiencia económica. El ejemplo que se usa para ilustrar este procedimiento es un proyecto concreto para la cuenca de Loukkos en el norte de Marruecos. Las prácticas de ordenación de cuenca propuestas para mejorar la productividad aguas arriba y reducir la sedimentación aguas abajo se interpretan como costos y beneficios acumulados en el tiempo.

### El Procedimiento

Este tipo de análisis "panorámico" del proyecto es una herramienta útil y práctica para los planificadores de cuencas y puede ser ejecutada a un costo mínimo. Una estimación preliminar, rápida, apropiada en las primeras fases de la planificación de un proyecto encaja bien en el proceso iterativo de aproximaciones sucesivas y define un ejercicio práctico de planificación de proyecto. Debe señalarse que aquí se tendrán en consideración solamente los objetivos económicos. Normalmente deberían encararse ejercicios paralelos para estimar los efectos sociales y ambientales adicionales del proyecto, pero no se disponían para este análisis.

Para llevar adelante este análisis "panorámico" económico de un proyecto, se requieren cuatro pasos fundamentales, que son:

(1) Desarrollar las relaciones técnicas y las tablas de flujos físicos. Primero, la situación existente tiene que ser definida en términos de tasas de erosión, sedimentación de la represa, tendencias a la reducción de agua disponible para riego, pérdidas de producción aguas arriba, y así sucesivamente. Este análisis define esencialmente las condiciones "sin" del proyecto usado como base para estimar los efectos del proyecto. Segundo, para la alternativa de proyecto propuesta se trata de estimar cómo se modificarán las condiciones durante la vida útil del proyecto. Este análisis "con y sin" del proyecto proporciona los datos físicos básicos para la evaluación.

(2) Desarrollo de las estimaciones de valor y tablas de flujos de valores. Deberán estimarse los valores económicos (monetarios) apropiados para los diversos insumos y salidas que se asocian con el proyecto. En algunos casos, pueden usarse precios directos de mercado. En otros casos, será necesario desarrollar "precios sombra" que se reflejen mejor las estimaciones de la voluntad relevante para el pago de bienes y servicios que no tienen valor en el sitio de mercado. Allí donde hay distorsiones obvias en los precios comerciales de bienes y servicios, podría desearse destinar precios sombra que reflejan más de cerca la voluntad de pago.

Las estimaciones de valores se combinan con los datos físicos generados durante la etapa primera y se desarrollan tablas de flujos totales de valores. Estas tablas indican los costos y beneficios realizados a lo largo del tiempo. Se hacen ajustes apropiados para los subsidios, impuestos, pago de préstamos, y otras transacciones estrictamente financieras.

(3) Cálculo de las mediciones del valor del proyecto. Pueden calcularse varias mediciones del valor del proyecto a partir de las tablas de flujo de valores. El valor presente neto y la tasa económica de retorno son dos mediciones descontadas comunes. El valor presente neto indica la diferencia entre los valores presentes de los beneficios totales y sus costos. La tasa económica de retorno como medida indica el retorno medio a los recursos del proyecto durante el período en que están comprometidos en el proyecto. Se discute sobre cuál de las medidas es la mejor bajo cuales circunstancias. Cada una tiene su empleo, y por lo tanto se recomienda de calcular ambas.

(4) Tantear la sensibilidad de las mediciones del valor del proyecto frente a cambios de las suposiciones. Existirá una incertidumbre sobre varios valores de los parámetros usados en el análisis. Por lo tanto, es esencial que se sopesen la sensibilidad de la(s) medida(s) elegida(s) del valor del proyecto en términos de valores alternativos para parámetros claves, p.e., la tasa de descuento, las estimaciones del valor de los beneficios, los costos supuestos, y sucesivamente.

Lo anterior ofrece una descripción muy breve de los pasos seguidos en un análisis panorámico de un proyecto. Detalles técnicos se encuentran en Gregersen y Brooks (1980) y Gregersen y Contreras (1979). En lo que queda en este documento se ilustran y explican ulteriormente las cuatro etapas, con la información que se dispone para el estudio del caso del proyecto en Marruecos.

#### AREA BAJO ESTUDIO

Se seleccionó para el análisis una hoya de 182 000 ha. en la cuenca de Loukkos (Figura 1). La vegetación, los suelos, la topografía, y las prácticas en el uso de la tierra en esta cuenca son características del área de las Montañas del Rif en el norte de Marruecos (Anónimo, 1975). Riquier (1977) ha clasificado la región como físicamente degradada con una superficie de suelo sellada y compactada. La erosión del suelo ha agotado las sustancias nutritivas vegetales mientras que concentraciones salinas y problemas de movimientos masales hostigan la región. Se cultiva alrededor del 42% de la cuenca, mientras que el 21% es forestal y el 28% son pastizales. Deberá observarse sin embargo, que parte de las tierras forestales y de pastoreo son cultivadas periódicamente, y pocas superficies son protegidas contra el pastaje del ganado. El 9% de la superficie remanente viene designada para "otros" usos incluyendo áreas urbanas e industriales.

La cuenca de Loukkos proporciona un flujo de agua a la represa Oued El Makhazine que fue terminada el 11 de mayo de 1979. La represa de uso múltiple proporciona agua para riego para 25 200 ha. aguas abajo, generación de energía hidroeléctrica, provisión de agua municipal e industrial, y control de inundación (Dirección de Hidráulica, 1979).

Las prácticas de control de erosión se iniciaron en varias localidades dentro de la cuenca de Loukkos y han proporcionado información sobre los riesgos de la erosión (Babau), 1976; Lahlou, 1979). Alrededor del 50% de la cuenca evidencia grave erosión requiriendo medidas de control físico y biológico además de cambios en el manejo de la tierra. Mitad de esta superficie es pastoreada mientras que se cultiva la otra mitad. Tiene lugar una erosión moderada en alrededor del 20% de la cuenca. En esta superficie, puede requerirse una revegetación y un cierto control de cárcava. Los suelos minerales quedan expuestos en gran parte del área y son sometidos a la acción de la erosión por lluvias, a lavado laminar y a la formación de cárcavas. La erosión superficial son las fuentes primarias de sedimentación aguas abajo.

#### MEDIDAS FISICAS DEL PROYECTO

Las prácticas corrientes del uso de la tierra se comparan con un proyecto específico de ordenación de cuenca planificado para alrededor de 40 000 ha., o el 22% de la cuenca. El proyecto incluye varias actividades que serán ejecutadas durante un período de 20 años.

Se dispone de pocos datos para cuantificar la efectividad de las estructuras de control de cárcavas y prácticas de manejo de la vegetación para el norte de Marruecos. Por lo tanto, el procedimiento seguido para este estudio fue de: (1) anotar niveles corrientes de sedimentación en el sitio de la represa Oued El Makhazine, y empleando el procedimiento EUPS (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) (Wischmeier y Smith, 1978); (2) estimar la relación entre las correspondientes tasas de erosión y el arrastre de sedimentos correspondiente al uso presente de la tierra; (3) estimar la erosión y deposición de sedimento futuras en el sitio de la represa siguiendo los programas del proyecto. El nivel actual de la sedimentación depositada en el lugar de la represa ha sido estimado en forma prudente en un promedio de  $3,8 \times 10^6$  metros cúbicos anuales adoptando una eficiencia de contención del 95% (Direction de l'Hydraulique, 1979; Anónimo, 1975). Empleando este valor, se estimó la pérdida acumulada de almacenamiento del sitio de la represa para el curso de un período de años.

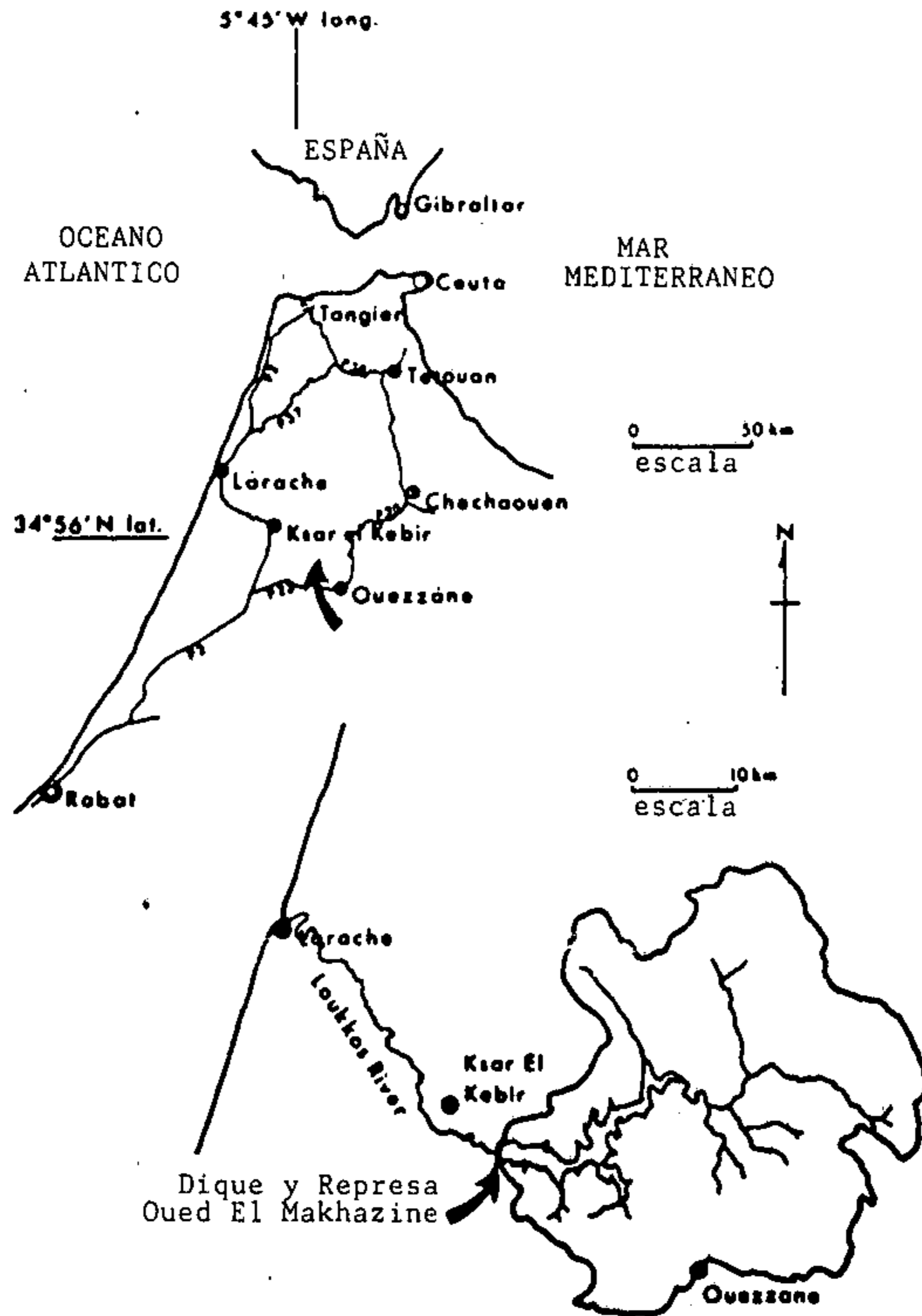


Figura 1. Noroeste de Marruecos con sus rutas principales y la cuenca superior del Río Loukkos delineando el embalse y represa de Oued El Makhazine.

A fin de estimar los ritmos de erosión bajo las condiciones actuales y con el proyecto, se usó (Snyder, 1980) la siguiente Ecuación Universal Modificada de Pérdida de Suelo (EUMPS):

$$A = R * K * LS * VM$$

donde:

- A = Pérdida de suelo (tonelada/hectárea),
- R = Factor de erosividad de la lluvia,
- K = Factor de erodibilidad del suelo,
- LS = Factor topográfico, y
- VM = Manejo de la vegetación - factor de control de la erosión.



Cuadro 1. Proyecto de Ordenación de Cuenca Propuesto en la Cuenca de Loukkos, Marruecos (Anónimo, 1979)

Actividades	Duración de la actividad (años)	Area Afectada (ha)	Costo Proyecto (Dólares x 10 <sup>6</sup> )
1. Construcción de rutas	5	—	6.52
2. Estabilización canal, estructuras control de cárcavas sobre canales mayores	10	—	4.18
3. Reforestación con control asociado de cárcavas	10	6 000 (600 ha/a)	
4. Reforestación y manejo pastaje	20	12 000 (600 ha/a)	
5. Manejo pradera fuera área forestal	20	10 000 (500 ha/a)	15.40
6. Plantación de árboles de olivo	20	12 000 (500 ha/a)	
TOTAL PROYECTO	20	40 000	26.10

La estimación de Arnoldus (1977) de las variables independientes fue la siguiente:

$$R = 400$$

$$K = 0,15$$

$$LS = 10$$

mientras que para el factor VM se aceptó la aproximación de

$$VM = 0,15 \text{ (cobertura del suelo de aproximadamente 30\%).}$$

La pérdida de suelo anual estimada (A) fue de 90 toneladas/hectárea. Anónimo (1975) especificó que la densidad de sedimento era de 1,6 toneladas/metro cúbico; por lo tanto, A equivale a 56,3 metros cúbicos/hectárea/año. Cuando este valor fue comparado con la tasa actual de sedimentación total en el sitio de la represa - promediado sobre una hoyo de 1 820 km<sup>2</sup> - la relación de arrastre de sedimento se estimó en:

$$DR = \frac{22,0}{56,3} \text{ metros cúbicos/hectárea/año en la represa}$$

$$\text{metros cúbicos/hectárea/año en sitio de las pérdidas}$$

$$= 39 \text{ por ciento.}$$

Este ritmo de arrastre va de acuerdo en líneas generales con los de Hadley y Shown (1976) y Mutchler y Bowie (1976) si bien la magnitud de las masas transportadas es mayor.

Las efectividades de las prácticas de ordenación de cuenca fueron evaluadas alterando el factor del control de la erosión del manejo de la vegetación (VM). Los remanentes términos en la ecuación se dejaron constantes. Para el proyecto, se modificaron los niveles de sedimentación de acuerdo con la secuencia de las actividades y el porcentaje de la cuenca afectado por cada actividad (ver Cuadro 2). Se supuso que durante los primeros cinco años el proyecto no tendría efectos sobre los ritmos existentes de sedimentación. Al cabo de cinco años, se supuso que las estructuras de estabilización de canales para el control de cárcavas estarían en su lugar y funcionantes. Observaciones hechas en la región hacen pensar que las estructuras son efectivas por períodos no superiores a los dos años, después de lo cual los ritmos de sedimentación posiblemente aumentarían debido a las cantidades de sedimento contenido en el sistema de canales. Sin embargo, este período de protección de dos años tiene valor crítico en cuanto al establecimiento de la vegetación necesaria para el control de la erosión y estabilización de los canales a largo plazo. Se consideró que las actividades de manejo de la vegetación no fuesen efectivas hasta después de diez años.

La siguiente etapa tomó en cuenta el impacto del proyecto de ordenación de cuenca sobre los niveles de sedimentación y la resultante capacidad de almacenamiento para riego en el sitio de la represa aguas abajo. La diferencia en almacenaje entre con y sin el proyecto fue luego convertida en estimaciones de pérdida de valor evitada de cosecha bajo riego. (Se hizo la suposición que la disponibilidad de agua para riego se reduciría antes que en el caso de las reservas de agua municipal o en la reducción de la generación de energía hidroeléctrica).

Cuadro 2. Tasas de Sedimentación Anual Para el Proyecto

Años	Sedimentación Anual	Factor Causal
0-5	$3,8 \text{ m}^3 \times 10^6$	Sin controles efectivos
6-10	$2,18 \text{ m}^3 \times 10^6$	Controles estructurales
11-50	$2,8 \text{ m}^3 \times 10^6$	Manejo de la vegetación

Como se ha mencionado arriba, se supuso que los primeros cinco años del proyecto no tendrían efecto sobre los corrientes ritmos de sedimentación. Es aproximadamente el mismo período de tiempo estimado para la completa sedimentación de la capacidad proyectada de almacenaje muerto. (La represa tenía una capacidad proyectada de almacenaje muerto de  $20 \times 10^6$  metros cúbicos (Direction de l'Hydraulique, 1979). Bajo las condiciones corrientes de un sedimentación anual de  $4,16 \times 10^6$  metros cúbicos, la capacidad de almacenaje muerto o inerte se alcanzaría en aproximadamente cinco años). Por lo tanto, los beneficios del proyecto comenzarían a partir del quinto año cuando se haya alcanzado la capacidad de almacenaje muerto y cuando empezarían a sentirse los efectos de las actividades de la cuenca. En ese momento, sin el proyecto, se reduciría el agua de riego. Se reduciría también con el proyecto, pero con ritmo menor. La diferencia en la reducción de agua de riego entre con y sin el proyecto se tradujo en "pérdidas evitadas en valor de cosecho bajo riego".

En realidad, no es probable la escasez de agua de riego durante cada año subsiguiente a la pérdida total de almacenaje inerte. Sin embargo, el riesgo de grave escasez de agua durante los períodos críticos secos será siempre mayor a la medida que la represa se rellena con sedimentos que superen la capacidad de almacenaje inerte. Para simplificar el análisis, se supuso que las pérdidas evitadas de valores de cosecha bajo riego estuvieran en relación con la diferencia entre pérdida de almacenaje con y sin el proyecto.

Los beneficios diversos de los de las represas por prácticas de ordenación de cuencas alternativas se relacionan con pérdidas evitadas en la productividad de la tierra aguas arriba, agregadas a la implantación de nuevos productos de la tierra, que incluirían:

1. Mayor productividad a largo plazo puede concretarse en cuanto a la producción animal (carne, leche y lana). Al inicio deberá reducirse por un cierto tiempo el uso de las áreas de tierras altas para pastoreo; sin embargo, puede resultar a largo plazo un uso sostenido más elevado de las praderas.

2. Proyectos de reforestación aguas arriba generarían ingresos con respecto a cultivos frutales (olivos), leña, madera para pulpa, y otros productos de la madera. Estos beneficios aparecerían también en términos de mayores ingresos y mayor ocupación en las áreas rurales.

Globalmente, las actividades del proyecto incluyen beneficios en términos de pérdidas evitadas de cosechas bajo riego y beneficios aguas arriba y en términos de mayor productividad agrícola, producción de ganado a largo plazo y obtención de frutos y productos de la madera. La etapa siguiente del análisis implica la asignación de valores monetarios a los insumos y salidas identificadas del proyecto.

#### BENEFICIOS Y COSTOS ECONOMICOS

El definir y asignar valores monetarios a los varios insumos y salidas es una tarea difícil que requiere varios supuestos y cálculos.

#### Pérdidas evitadas de valor de cosecha bajo riego

Los valores de las cosechas con y sin riego se estimaron sobre la base de varios informes publicados (Bennani, 1977; O.R.M.V.A.G., 1977). Se estimaron valores de cosechas con y sin el proyecto, usando estimaciones del proyecto sobre pérdidas evitadas en el riego por la reducción de las tasas de sedimentación. Un supuesto simplificado fue que la pérdida media evitada de valor de cosecha se aproxima a los beneficios brutos debidos al proyecto. En la práctica, sólo ciertos cultivos puede ser que sean afectados por la reducción de los riegos. No se disponía de información adecuada para la especificación de las cosechas afectadas.

Las estimaciones resultantes de las pérdidas evitadas de valor de cosechas con el proyecto fueron sustraídas de las pérdidas de valor de cosecha sin el proyecto, para llegar a un beneficio bruto aguas abajo cubriendo el período de 50 años del proyecto. Se consideró una tolerancia para las cosechas que se producirían sin riego. Estos valores fueron sustraídos de los beneficios de valor de cosecha para llegar a una estimación justificable de beneficio bruto.

Para alcanzar una medición real de los beneficios aguas abajo, se sustrajeron los costos adicionales de operación y mantenimiento del sistema de riego incurridos con el proyecto, de los beneficios brutos aguas abajo mientras que se usaba de nuevo una reducción proporcional de los costos totales estimados de operación y mantenimiento.

En el Cuadro 3 se indican las etapas intermedias y los consecuentes beneficios aguas abajo debidos al proyecto a lo largo del tiempo.

#### Beneficios aguas arriba

Se proponen plantaciones forestales y hortícolas. No se definieron los productos específicos de la madera resultantes de la reforestación de 18 000 ha.; sin embargo, los árboles frutales plantados sobre 12 000 ha. generarán ingresos considerables para los habitantes de la cuenca después de 5 a 10 años. Aceitunas maduras, higos y ciruelas pueden producir cosechas anuales del valor de 7,2 y 2 dólares por árbol, respectivamente (Bouchafra, 1979). Este ingreso se incluyó en el análisis del proyecto. El desarrollo y ordenación de los pastoreos deberían producir un beneficio adicional no determinado en carne, leche y lana.

Posiblemente el beneficio más importante aguas arriba a largo plazo del proyecto es la reducción de la pérdida de suelo. Se determinaron estimaciones de pérdidas nutritivas por sedimentos a partir de un inventario realizado en una represa vecina en las Montañas del Rif (Laabdi, 1978). El costo de fertilizante para reemplazar la pérdida de sustancia nutritiva asociada con el depósito de sedimento resultó vecino a 37 dólares por

Cuadro 3. Secuencia de la pérdida de almacenaje y correspondientes beneficios aguas abajo

Año	Pérdida Acumulativa de tierra irrigada (ha año <sup>-1</sup> )		Pérdida de Ingresos (Dólares x 10 <sup>6</sup> )		Beneficios de tierras sin riego (Dólares x 10 <sup>6</sup> )		Mantenimiento reducido (Dólares x 10 <sup>6</sup> )		Pérdida Neta (Dólares x 10 <sup>6</sup> )		Beneficios aguas abajo (Dólares x 10 <sup>6</sup> )
	S *	C **	S	C	S	C	S	C	S	C	(9)-(10) *** (11)
6	300	172	1.19	0.68	0.05	0.03	0.01	0.004	1.13	0.65	0.48
7	600	344	2.39	1.36	0.11	0.06	0.01	0.010	2.27	1.29	0.98
8	900	516	3.58	2.05	0.16	0.09	0.02	0.010	3.40	1.95	1.45
9	1,200	688	4.77	2.73	0.21	0.12	0.02	0.010	4.54	2.60	1.94
10	1,500	860	5.96	3.41	0.26	0.15	0.03	0.020	5.67	3.24	2.43
11	1,800	1,080	7.16	4.29	0.32	0.19	0.04	0.020	6.80	4.08	2.72
12	2,100	1,300	8.35	5.16	0.37	0.23	0.04	0.030	7.94	4.90	3.04
13	2,400	1,520	9.54	6.04	0.42	0.27	0.05	0.030	9.07	5.74	3.33
14	2,700	1,740	10.60	6.91	0.48	0.31	0.06	0.040	10.06	6.56	3.50
15	3,000	1,960	11.93	7.79	0.53	0.35	0.06	0.040	11.34	7.40	3.94
16	3,300	2,180	13.12	8.66	0.58	0.39	0.07	0.040	12.47	8.23	4.24
17	3,600	2,400	14.32	9.54	0.64	0.42	0.07	0.050	13.61	9.07	4.54
18	3,900	2,620	15.51	10.41	0.69	0.46	0.08	0.050	14.74	9.90	4.84
19	4,200	2,840	16.70	11.29	0.74	0.50	0.09	0.060	15.87	10.73	5.14
20	4,500	3,060	17.89	12.16	0.79	0.54	0.09	0.060	17.01	11.56	5.45
30	9,000	5,620	29.82	20.92	1.32	0.93	0.15	0.110	28.35	19.88	8.47
40	12,000	7,460	41.75	29.67	1.85	1.32	0.21	0.150	39.69	28.20	11.49
50	15,000	9,600	53.68	38.42	2.38	1.71	0.28	0.200	51.02	36.51	14.51

\* Sin el proyecto (S)

\*\* Con el proyecto (C)

\*\*\* Los valores representan pérdidas evitadas gracias al proyecto.

hectárea. Ello representa 88 a 177% de la inversión en fertilizantes por parte de los colonos en la cuenca. Con información adecuada sobre los momentos de pérdidas de sustancias nutritivas y su reemplazo, el método seguido por Klock (1976) hubiera permitido incluir esta componente en el análisis de los beneficios monetarios. Dicha información no era disponible.

#### Costos del proyecto

En el Cuadro 1 se indican los costos totales del proyecto expresando las actividades del mismo y sus costos correspondientes. Además de los costos asociados directamente con la ejecución de los proyectos de ordenación de cuenca (mano de obra y material), habría también un costo de la oportunidad o valores renunciados en el área aguas arriba de la ordenación de la cuenca por la restricción de ciertas actividades en el uso de la tierra. Ciertas áreas con grave riesgo de erosión se protegerían contra pastoreos y cultivos durante cierto período de tiempo para permitir la recuperación de la cobertura vegetal. No se ha tratado en esta etapa de estimar estos costos cuantitativamente, pero se ha pensado que su misión puede posiblemente balancearse con beneficios aguas arriba y aguas abajo que tampoco fueron incluidos.

#### MEDICION DEL VALOR DEL PROYECTO

Usando la información sobre costos y beneficios presentada en el Cuadro 4, se calcularon dos medidas parciales del valor del proyecto. La tasa interna de retorno (TIR) para el proyecto fue de 15,9%. Con ello se proporciona una medida del poder de adquisición medio de los recursos comprometidos en el proyecto durante el tiempo que están invertidos en el mismo. El valor presente neto (VPN) para el proyecto empleando una tasa de descuento del 10% es de US\$18,8 millones. Esta medida ofrece una indicación de valor actual de los beneficios netos generados por proyectos, asignando un costo del 10% para los recursos de capital usados en el proyecto. Ambas medidas indicaron que el proyecto

representa un uso económicamente eficiente de los recursos, habiendo una tasa de descuento del 10%.

La sensibilidad de la tasa interna de retorno ante cambios de los valores de los costos y beneficios del proyecto fue examinada suponiendo costos 25% superiores y beneficios 25% inferiores de aquellos valores empleados en el análisis básico (Cuadro 4). La tasa interna de retorno resultante fue del 12,1%. Ello indica que aún con cambios en los costos y beneficios bastante más grandes (menos favorable al proyecto), la tasa de retorno queda aún superior a la tasa alternativa de retorno del 10% o tasa de descuento social que se supuso relevante para Marruecos. Por lo tanto, no se realizaron ulteriores análisis de sensibilidad.

#### DISCUSION

La evaluación tomó en cuenta solamente beneficios por riego aguas abajo del sitio de la represa y la producción de frutas aguas arriba derivadas del proyecto de cuenca aguas arriba. Los beneficios netos calculados del proyecto habrían sido simplemente mayores si el análisis hubiera incluido:

- 1) Menor generación de energía hidroeléctrica debido a la sedimentación
- 2) Pérdida de disponibilidad de agua municipal e industrial
- 3) Cambios en la capacidad de la represa de controlar inundaciones
- 4) Mayor productividad aguas arriba de productos ganaderos y de madera con respecto a la productividad existente, y
- 5) Costos por reemplazar sustancias nutritivas del suelo con fertilizantes equivalentes.

Cuadro 4. Información de costos y beneficios para el proyecto de la cuenca de Loukkos

Año	Beneficios Netos* (millones \$/año)	Costos del Proyecto (millones \$/año)	Beneficios Netos (millones \$/año)
1	0.00	2.36	-2.36
2	0.00	2.36	-2.36
3	0.00	2.36	-2.36
4	0.00	2.36	-2.36
5	0.00	2.36	-2.36
6	0.48	1.12	-0.64
7	0.98	1.12	-0.14
8	1.45	1.12	0.33
9	1.94	1.12	0.82
10	2.43	1.12	1.31
11	2.91	0.73	2.18
12	3.40	0.73	2.67
13	3.88	0.73	3.15
14	4.37	0.73	3.64
15	4.86	0.73	4.13
16	5.34	0.73	4.61
17	5.83	0.73	5.10
18	6.31	0.73	5.58
19	6.80	0.73	6.07
20	7.28	0.73	6.55
30	12.14	0.14	12.00
40	16.86	0.14	16.72
50	21.85	0.14	21.71

\* Se incluyen ambos beneficios netos aguas abajo (pérdidas evitadas) y beneficios netos aguas arriba (producción árboles frutales) atribuidos al proyecto.

Puesto que el proyecto indicó una aceptable tasa de retorno aún sin considerar estos elementos, su inclusión en este tipo de evaluación rápida preliminar no fue crítica. Su inclusión hubiera sido crítica si la tasa de retorno, considerando solo los beneficios de riego, hubiesen sido marginales o inferiores a la tasa de descuento del 10% supuesta para este ejemplo.

Con información más completa sobre costos y beneficios aguas arriba, el proyecto podría haber sido también evaluado con y sin tomar en cuenta los beneficios del riego. El elevado valor de los cultivos irrigados, comparados con los no irrigados, influyó en forma significativa sobre los resultados de nuestros análisis.

#### BIBLIOGRAFIA

- Anonymous 1975 Schema d'aménagement du bassin amont du Loukkos. Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols du Ministère de l'Agriculture et de la Reforme Agraire, Maroc, et Programme des Nations Unies pour le Developpement. Projet MOR/71/536 Lutte Contre l'Erosion et Conservation des Sols. 145 pp. + annexes.
- Anonymous 1979 Lutte contre l'erosion et l'aménagement des bassins versant au Maroc, l'exemple du Bassin du Loukkos. Hommes Terre and Eaux: Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 9(30): 47-54.
- Anonymous 1980 The World's Tropical Forests: A Policy, Strategy, and Programme for the United States. U.S. Interagency Task Force on Tropical Forests, Department of State. Publication 9117. 53 pp.
- Arnoldus, H.M.J. 1977 Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. FAO (Rome), Soils Bulletin 34: 8-9, 39-48.
- Babau, A. 1976 Les transports solides transitant à la station de Bouffara. PNUD (Rome) et la Direction de l'Hydraulique, Rabat, Maroc. 13 pp.
- Bennani, A. 1977 Influence du cout de l'energie sur la tarification de l'eau. Hommes Terre and Eaux: Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 6(24): 89-109.
- Berglund, E.R., Ahyoud, A. and Tayaa, M. 1981 Comparison of Soil and Infiltration Properties of Range and Afforested Sites in Northern Morocco. Forest Ecology and Management (in press).
- Bouchafra, A. 1979 Bassin versant du Loukkos: Le cas du sous-bassin de Nefzi. Hommes Terre and Eaux: Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 9(30): 55-62.
- Direction de l'Hydraulique. 1979 Barrage de Oued el-Makhazine. Ministère des Travaux Publiques, Royaume du Maroc. 24 pp.
- El Gharbaoui, A. 1976 La terre et l'homme dans le habt de Larache. Hommes Terre and Eaux: Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 5(21): 13-33.
- Gregersen, H.M. and Brooks, K.N. 1980 Economic Analysis of Watershed Projects: Special Problems and Examples. FAO (Rome), FAO Forestry Paper 17, Sup. 2. pp. 133-176.
- Gregersen, H.M. and Contreras, A. 1979 Economic Analysis of Forestry Projects, FAO (Rome), FAO Forestry Paper No. 17. 193 pp.

- Hadley, R.F. and Shown, L.M. Relation of Erosion to Sediment Yield. Proceedings of the 1976 Third Federal Inter-agency Sedimentation Conference (U.S. Water Resources Council), Denver, Colorado. pp. 1.132-1.139.
- Klock, G.O. Estimating Two Indirect Logging Costs Caused by Accelerated Erosion. USDA 1976 Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station (Portland), General Technical Report PNW-44. pp. 9.
- Laabdi, M. Production de sediments et perte en elements fertilisants par erosion dans le 1978 Bassin Versant de Tleta. Memoire de Troisième Cycle, L'Institut Agronomique et Vétérinaire, Hassan II. Rabat, Maroc. 128 pp.
- Lahlou, M. Etude du regime de sediments en suspension dans les eaux de ruissellement au 1979 niveau du Bassin Versant de Sidi Salah, Region du Tangerois. Memoire de Troisième Cycle, L'Institut Agronomique et Vétérinaire, Hassan II. Rabat, Maroc. 208 pp.
- Mutchler, C.K. and Bowie, A.J. Effect of Land Use on Sediment Delivery Ratios. 1976 Proceedings of the Third Federal Inter-agency Sedimentation Conference (U.S. Water Resources Council), Denver, Colorado. pp. 1.11-1.21.
- O.R.M.V.A.G. La mise en valeur de la plaine du Gharb. Ministère de l'Agriculture et de 1977 la Reforme Agraire. Maroc. 24 pp.
- Riquier, J. Application of LANDSAT Imagery to the Assessment of Soil Degradation. FAO 1977 (Rome), Soils Bulletin 34:9, 29-35.
- Snyder, G. Evaluating Silvicultural Impacts on Water Resources. Symposium on Watershed 1980 Management. ASCE Irrigation and Drainage Division, Vol. II:682-693.
- Walski, T.M. and Pelliccia, A. Preliminary Design and Cost Estimating for Reservoir 1981 Projects. Water Resources Bulletin 17(1): 49-56.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to 1978 Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537. 58 pp.

## A N E X O 2

### EJEMPLO DE ANALISIS BENEFICIO-COSTO DEL PROGRAMA DE LA ORDENACION DE LA CUENCA PHEWA TAL

Este ejemplo, basado sobre los informes de Fleming (1983) y Hufschmidt *et. al.*, (1983), es una descripción del análisis beneficios-costos de un programa de ordenación de cuenca para una pequeña hoya hidrográfica en Nepal.

#### Descripción del Sitio

Cubriendo una superficie de 113 km<sup>2</sup> y drenando en uno de los lagos más grandes de Nepal, la cuenca de Phewa Tal yace a 140 km. al oeste de Kathmandu y vecino al pueblo de Pokhara (Figura 1). La topografía es abrupta (pendientes medias del 40%) con alturas que van de 850 a 2 500 m. El clima es húmedo subtropical a templado húmedo con precipitaciones medias anuales entre 3 700 a 5 400 mm. La principal actividad económica es la agricultura de subsistencia, si bien una pequeña parte de los ingresos derivan del turismo. Los cultivos principales son el arroz, maíz, mijo, trigo, papas y otros vegetales. La mayoría de las familias crían 4 o 5 vacas y búfalos para estiércol y producción de leche, y para arar. Los bosques proporcionan leña y madera. Casi la mitad de la superficie terrena es con terrazas para la agricultura, casi in cuarto en bosque (que incluye matorrales y tierra forestal usada para pastoreo y pienso) y alrededor de una décima parte son tierras con pastizales abiertos.

#### Los Problemas

Los principales problemas de la cuenca comprenden la adecuada disponibilidad y calidad del agua, la erosión, la sedimentación del lago y pastoreo excesivo, y la corta excesiva de los panchayats <sup>1/</sup> y escasez menos grave ocurre en los otros dos. Como resultado, se consumen aproximadamente un millón de días - obreros por año para transporte doméstico del agua. La falta de fuentes confiables de agua limita también el uso de alimentación en establo para el ganado, y como consecuencia hay un pastoreo no controlado sobre tierras con pastizales ya erosionadas, agravando el problema de la erosión. Además, aumenta la eutroficación del Lago Phewa Tal, que puede reducir el valor recreativo y de pesa del lago. La sedimentación, que va también en aumento, reducirá la vida útil esperada de la planta existente de energía hidroeléctrica. El arrastre estimado de sedimentos es de 87 000 toneladas por año.

La generalizada erosión del suelo es un problema serio en toda la hoya, si bien los ritmos varían según el uso de la tierra. La erosión más grave tiene lugar sobre tierra de pastoreo como reacción directa al grave exceso de pastaje. Si bien la tierra de pastoreo comprende solo el 10,5% del área total, hasta un 29% del suelo perdido proviene de las áreas de pastaje. La producción de pienso se ha reducido drásticamente. Las experiencias han demostrado que la producción de pienso podría quintuplicarse mediante la ordenación de los pastizales.

En 1957 se nacionalizaron todos los bosques de Nepal. La subsiguiente política forestal entre 1957 y 1978 consistió exclusivamente en una protección no aplicable de todos los bosques, arbustos y tierra de pastizal corriente, pero sin planes de ordenación u otros esfuerzos. Como resultado, el manejo de facto quedó con los pueblos locales. Sin tener una panorámica a largo plazo para un continuado uso y responsabilidad, las cortas excesivas para leña aumentaron consistentemente, y gradualmente las tierras forestales se convirtieron en campos de pastoreo.

---

<sup>1/</sup> Un panchayat es una unidad política y administrativa. Las unidades más pequeñas, del panchayat de la villa, incluye de 3 000 a 6 000 personas y se extiende entre 10 y 30 km<sup>2</sup>.



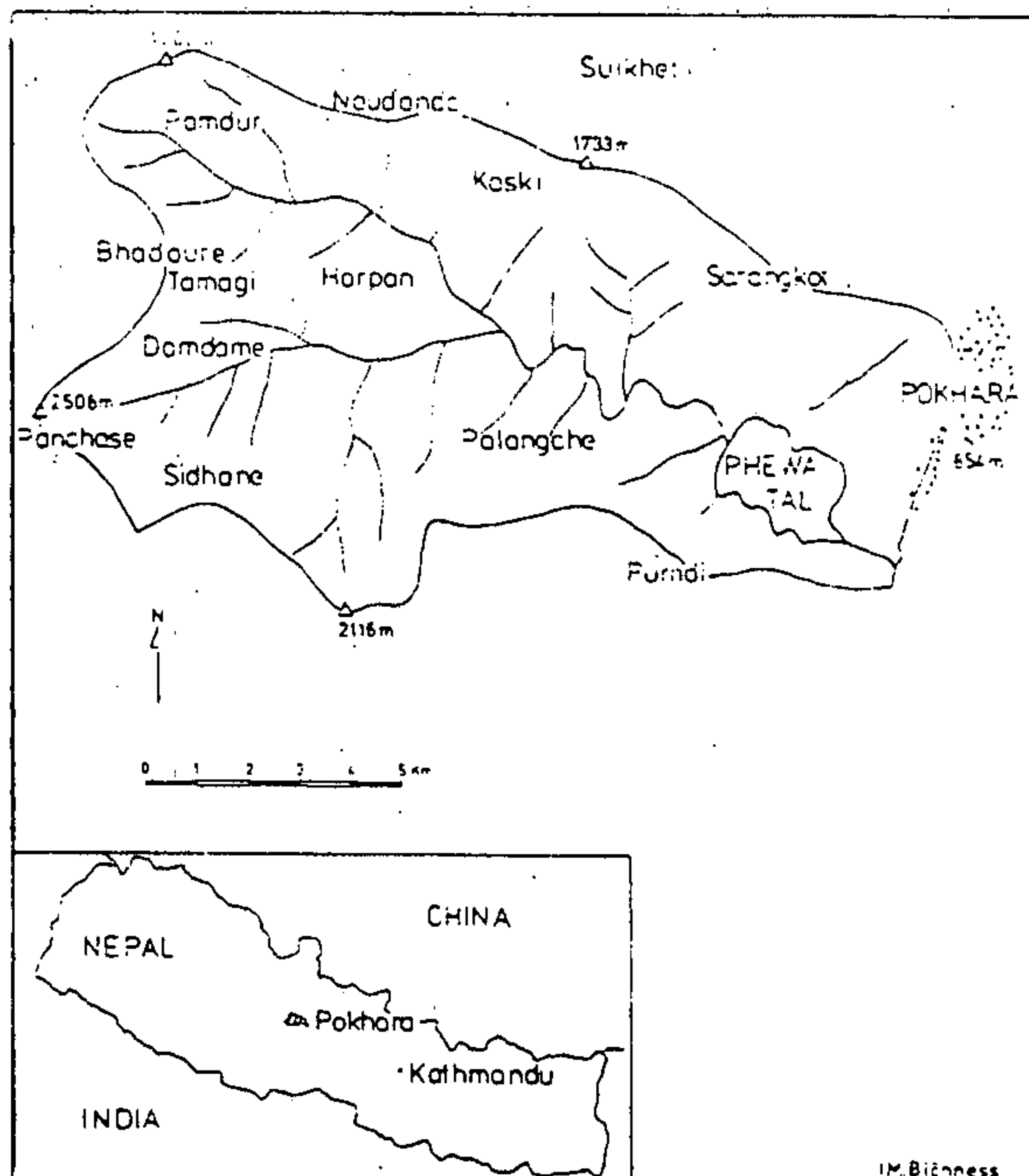


Figura 1. Mapa de ubicación y orientación de la zona de la hoya hidrológica Phewa Tal, Nepal (según Fleming, 1983).

#### Uso de la Tierra Proyectada Sin Ordenación

Se estima que todas las tierras forestales se convertirán en matorrales o pastizales dentro de 17 años si continúan la actual tasa de crecimiento de la población (2% por año) y los ritmos de conversión. La situación es aún más grave en tres de los cinco panchayats; toda tierra forestal podría desaparecer a fines de 1985. Las proyecciones se basan sobre los siguientes supuestos:

- (1) Sin mayores aumentos en la productividad agrícola, se deriva de un aumento en la formación de terrazas para adecuarse al paso del aumento de la población.
- (2) Las tierras de pastoreo aumentarán alrededor del 1,95% por año, ya que la población animal tendrá que aumentar con el mismo ritmo del de la población humana.
- (3) También la tierra de matorral aumentará ya que se cortan los bosques en forma excesiva sin permitir que se regeneren.
- (4) La tierra forestal disminuirá su ofrecimiento de leña para satisfacer la demanda y para la conversión en pastizales. En el Cuadro 1 se indican los usos proyectados de la tierra "sin el proyecto" a intervalos de cinco años para 20 años.

Cuadro 1. Usos de la tierra proyectada sin intervención de manejo a intervalos quinquenales, 1978-98 (hectáreas) (según Fleming, 1983).

<u>La Tierra</u>	<u>1978</u>	<u>1983</u>	<u>1988</u>	<u>1993</u>	<u>1998</u>
Terrazas	5 238	5 770	6 354	6 999	7 707
Pastoreo	1 180	1 300	1 431	1 576	1 736
Forraje	71	71	71	71	71
Matorral	294	1 018	1 121	1 234	565
Bosques	2 666	1 921	1 102	200	0

### Plan de Ordenación Propuesto

El proyecto de ordenación Phewa Tal ("con" ordenación) tiene los siguientes amplios objetivos:

- (1) satisfacer las demandas a largo plazo forestales y agrícolas hasta colmar la capacidad de carga de la cuenca;
- (2) ordenar los recursos agrícolas y forestales sobre base de rendimientos sostenidos para la autosatisfacción de las necesidades básicas;
- (3) poner en práctica un programa de conservación para contener dentro de límites tolerables definidos la pérdida por erosión de suelo y elementos nutritivos, inclusive la protección de excesiva sedimentación en las inversiones aguas abajo, tales como las facilidades hidroeléctricas y pesqueras;
- (4) manejar los recursos para un ritmo máximo de producción y de retorno económico manteniendo mientras tanto los objetivos de conservación; y
- (5) encarar una metodología para integrar las responsabilidades sobre uso de la tierra de los diversos departamentos gubernamentales y agencias internacionales.

La "opción con el proyecto" se basa sobre la suposición de que un programa agrícola separado aumentará la productividad sobre tierras cultivadas en terrazas a ritmos iguales ó superiores a los ritmos de aumento de población, y que la cantidad de tierras con terrazas quedará en un 48% de la hoya (5 238 ha.). No se convertirá en terrazas ninguna otra tierra de pastoreo, campos de heno, matorrales, o tierra forestal. La conservación del suelo y el agua se centrará sobre el establecimiento y la protección de campos de heno, pasturas y bosques y un plan de abastecimiento de agua para alimentación bajo establos, control de cárcavas y cercas. Se estimaron que los ritmos de erosión del suelo se reducirían en las tierras de pastoreo desde 35 a 15 toneladas por hectárea por año por medio del control de cárcavas y el establecimiento y protección de pastura. Este nivel de erosión del suelo reduciría la sedimentación en el Lago Phewa Tal en un 15%. La aforestación procedería a razón de 125 ha. anuales, y la tierra forestal sin planes se convertiría gradualmente en bosques ordenados gracias a la protección contra el pastoreo, al control de la extracción de pienso y leña por medio de la ordenación para rendimientos sostenidos, de manera que al final del período de 20 años el 86% de la tierra forestal quedaría ordenada.

El Cuadro 2 indica los usos proyectados de la tierra a intervalos de cinco años para los 20 años de "con el proyecto".

Cuadro 2. Usos proyectados de la tierra con plan propuesto de ordenación a intervalos de cinco años, 1978-98 (hectáreas) (según Fleming, 1983).

	1978	1983	1988	1993	1998
Terrazas	5 238	5 238	5 238	5 238	5 238
Pastoreo (no ordenado)	1 180	229	0	0	0
Forraje (ordenado)	71	1 022	1 251	1 251	1 251
Matorral (no ordenado)	924	341	341	341	341
Bosque fiscal (no ordenado)	2 666	1 743	1 243	743	363
Bosque fiscal (ordenado)		873	784	1 000	1 380
Forestación (ordenada)		633	1 222	1 506	1 506

Nota: Este plan supone la existencia de un plan separado de ordenación agrícola que elimina futuras conversiones de los bosques y tierra de pastoreo en terrazas.

#### ANALISIS BENEFICIO-COSTO

El plan propuesto de ordenación busca de reducir la erosión del suelo, aumentar la productividad de los diferentes usos de la tierra dentro de la hoya hidrográfica, y proporcionar una corriente sostenida de recursos incluyendo leña, pienso y agua. El análisis beneficio-costo fue seguido para estimar los valores económicos de los productos de los diferentes tipos de uso de la tierra bajo dos opciones de ordenación. Se consideró que los beneficios del programa igualarían los valores de la tierra (el valor económico de los productos de la tierra) con ordenación, menos los valores de la tierra no ordenados. Los beneficios luego venían divididos por los costos para determinar las relaciones beneficio-costo. El programa principal fue el establecer valores a los diferentes productos de los diversos usos de la tierra, que es el punto que se enfoca en la discusión siguiente. Los cálculos se basan sobre los valores dados en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Producción por hectárea de varios productos

	Tierra Pastoreo	Pradera	Matorrales	Bosque no Ordenado	Bosque Ordenado
Pasto (kg/ha/año)	1 200	6 000	500	—	—
Follaje (kg/ha/año)	—	—	1 500	3 000	5 000
Madera (m <sup>3</sup> /ha/año)	—	—	4	12	20

Cuadro 4. Producción y valor de productos animales

Abono	Producción animal/año (kg)	1978 Valor (Rs/kg)	Leche (alimento)	Producción 1 000 kg alimento (litros)	1978 Valor (Rs/l)
N	15	6	pasto	60	1
P	2	18	ramoneo	120	1

## Determinación de valores de usos de la tierra

### Tierra de pastoreo

Los productos del ganado en esta área son la leche y el estiércol (abono). Tomados los valores de los Cuadros 3 y 4 y suponiendo un consumo de pienso de 14 000 kg/animal/año, el valor anual de la producción de abono por ha. de la tierra en pastoreo fue calculada en:

$$15 \text{ kg N/animal/año} \times 6 \text{ Rs/Kg N} + \text{kg P/animal/año} \times 18 \text{ Rs/kg P} = 126 \text{ Rs/animal/año}$$

y

$$126 \text{ Rs/animal/año} \times (1\ 200 \text{ kg/ha/año} - 14\ 000 \text{ kg/animal/año}) = 11 \text{ Rs/ha/año}$$

El valor anual de la producción de leche por hectárea en tierras de pastoreo se calculó en:

$$1 \text{ Rs/litros} \times (60 \text{ lts/1 000 kg}) \times 1\ 200 \text{ kg/ha/año} = 72 \text{ Rs/ha/año}$$

El valor productivo total anual de la tierra de pastoreo fue por lo tanto el total de la producción de leche y abono o sea:

$$11 \text{ Rs/ha/año} + 72 \text{ Rs/ha/año} = 83 \text{ Rs/ha/año}$$

Puesto que los precios de mercado se usan para fijar el valor del abono y la leche por hectárea de tierra de pastoreo, es importante confirmar que estos precios reflejan el costo verdadero de la oportunidad o voluntad marginal de pago. Deberá agregarse al precio todo subsidio al precio del insumo, y si los precios de la leche son controlados por el gobierno, deberán obtenerse (Hufschmidt et al, 1983) precios alternativos que reflejan más acertadamente la voluntad marginal de pago.

### Campos de heno

Puesto que la producción de los campos de heno se estimaron con una producción cinco veces la de los campos de pastoreo, el valor anual de los campos de heno se calculó en:

$$83 \text{ Rs/ha/año} \times 5 = 415 \text{ Rs/ha/año.}$$

### Matorral

Los datos de la producción del matorral (tierra forestal degradada) se indican en el Cuadro 3. Basándose sobre estos datos, el valor anual del abono producido en los pastoreos de los matorrales se calculó en:

$$126 \text{ Rs/animal/año} \times (500 \text{ kg/ha/año} : 14\ 000 \text{ kg/animal/año}) = 5 \text{ Rs/ha/año}$$

y el valor de leche producida de los pastos de los matorrales resultó ser:

$$1 \text{ Rs/lt.} \times (60 \text{ lts/1 000 kg}) \times 500 \text{ kg/ha/año} = 30 \text{ Rs/ha/año}$$

Suponiendo que el animal medio de cría consume alrededor de 7 100 kg de follaje de árbol (ramoneo)/año, el valor de abono producido del ramoneo en matorrales se calculó en:

$$126 \text{ Rs/animal/año} \times (1\ 500 \text{ kg/ha/año} : 7\ 100 \text{ kg/animal/año}) = 27 \text{ Rs/ha/año.}$$

El valor anual de la producción de lecho del ramoneo en el matorral se calculó en:

$$1 \text{ Rs/lt.} \times (120 \text{ lts/1 000 kg}) \times 1\ 500 \text{ kg/ha/año} = 180 \text{ Rs/ha/año.}$$

La leña se produce en los matorrales y en la tierra forestal. Se presentaron tres métodos para estimar los valores de la leña.

1. Directo -- Procedimiento valor de mercado

En 1978, los precios de la leña en Pokhara, principal sitio de mercado, fueron de Rs 13 por manojo de 37,3 kg, suponiendo una densidad media de la madera de 500 kg/m<sup>3</sup>, la leña valdría Rs 174 x m<sup>3</sup> (500 kg/m<sup>3</sup> x Rs 13/37,3 kg). Sin embargo, puesto que los mercados son pequeños y aislados, el precio de mercado puede no representar el valor de la leña fuera del mercado y, por lo tanto, se hicieron otras dos mediciones indirectas del valor de la leña.

2. Indirecto -- Procedimiento sustitutivo

La leña puede también evaluarse en términos del valor de los usos alternativos de su sustituto más cercano (p.e., el estiércol de ganado que será quemado cuando no se dispone de madera). El costo de la oportunidad del empleo de estiércol de ganado como combustible puede estimarse en términos de pérdidas de producción de grano comestible cuando se lo quita de su empleo como abono para combustible, basándose en los siguientes supuestos:

(a) 1 metro cúbico de madera es el equivalente de 0,6 ton. de estiércol seco de vacuno o 2,4 ton. de estiércol fresco.

(b) Una familia media (5,5 miembros, 3 vacas) consumen anualmente seis toneladas de estiércol fresco en un área cultivada de 0,75 ha.

(c) El aumento esperado y rendimiento en maíz por la aplicación de abonos es del 15% (de 1,53 ton/ha a 1,8 ton/ha, y el precio del maíz es de Rs 1 200/ton), lo que da un costo de oportunidad de Rs 40/ton de estiércol fresco.

El valor de la leña fue luego calculado de esta manera:

$$\text{Rs } 40/\text{ton estiércol} \times 2,4 \text{ ton estiércol}/\text{m}^3 \text{ madera} = \text{Rs } 96/\text{m}^3 \text{ madera.}$$

3. Indirecto -- Procedimiento del costo de la oportunidad

El tercer método ha usado un procedimiento sobre el costo de la oportunidad basándose sobre el tiempo empleado por las familias para traer la leña del bosque y suponiendo que ésta es un recurso de propiedad común. Este método se basa sobre las siguientes suposiciones:

(a) Cada familia recoge diariamente 30 kg de leña

(b) Cada familia gasta un promedio de 132 jornales de trabajo por año para recoger leña

(c) 30 kilos de leña es la energía equivalente a 20 kg de madera seca con un volumen de 0,04 m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, cada familia recoge 5,28 m<sup>3</sup> de leña por año (132 días x 0,04 m<sup>3</sup> por día). Con un salario jornalero de Rs 5 como recolector (el costo de la oportunidad de la mano de obra basado sobre otras ocupaciones), el valor estimado se ha calculado en la forma siguiente:

$$5 \text{ Rs/jornal} \times (132 \text{ j/año} : 5,28 \text{ m}^3/\text{año}) = 125 \text{ Rs}/\text{m}^3.$$

Los tres procedimientos estimaron el valor de la leña como sigue:

<u>Métodos</u>	<u>Valor Rs/m<sup>3</sup></u>
Directo - Valores de mercado	174
Indirecto - Sustituto	96
Indirecto - Costos de oportunidad	125

Se eligió para el análisis la estimación más conservadora (o más baja). Por lo tanto, se calculó de la siguiente forma el valor de la leña por hectárea por año de tierra de matorral:

$$96 \text{ Rs/m}^3 \times 4 \text{ m}^3/\text{ha/año} = 384 \text{ Rs/ha/año}$$

El valor total anual de la tierra de matorral se estimó por su valor en leche, fertilizante y leña producida:

$$180 \text{ R/ha/año} + \text{Rs/ha/año} + 384 \text{ Rs/ha/año} = 591 \text{ Rs/ha/año},$$

#### Bosques no ordenados

Esta tierra está abierta a un limitado pastoreo y extracción de leña y pienso. Se estimó que el valor anual de abono era:

$$126 \text{ Rs/animal/año} \times (3\,000 \text{ kg pienso/ha/año} : 7\,100 \text{ kg/animal/año}) = 54 \text{ Rs/ha/año}.$$

El valor anual de la leche resultó ser:

$$1 \text{ Rs/lt} \times (120 \text{ lts/1\,000 kg}) \times 3\,000 \text{ kg/ha/año} = 360 \text{ Rs/ha/año}$$

Y los valores anuales de la leña se estimaron empleando el método sustitutivo indirecto, resultando:

$$96 \text{ Rs/m}^3 \times 12 \text{ m}^3/\text{ha/año} = 1\,152 \text{ Rs/ha/año}$$

El valor total anual para la tierra de bosques no ordenados fue entonces de 1 565 Rs/ha/año.

#### Bosque ordenado

Bajo ordenación para rendimiento sostenido, se estimó que el valor anual de la leña era:

$$96 \text{ Rs/m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{ha/año} = 1\,920 \text{ Rs/ha/año}.$$

El valor del fertilizante se calculó en:

$$126 \text{ Rs/animal/año} \times (5\,000 \text{ kg pienso/ha/año} : 7\,100 \text{ kg/animal/año}) \\ = 89 \text{ Rs/ha/año} \text{ y el valor de la leche resultó:}$$

$$1 \text{ Rs/lt} \times (120 \text{ lts/1\,000 kg}) \times 5\,000 \text{ kg/ha/año} = 600 \text{ Rs/ha/año}.$$

Por lo tanto, el valor total del bosque ordenado era de 2 609 Rs/ha/año

#### Forestación

Habrán tierras de matorral o de pastoreo convertidas en bosques por aforestación. Se había supuesto que después de cinco años las plantaciones rendirían aproximadamente 5 m<sup>3</sup> de leña y 1 250 kg de pienso de hoja por hectárea y por año. Después de 10 años, el rendimiento aumentaría a 10 m<sup>3</sup> de leña y 2 500 kg de pienso en hoja por hectárea por año. Basándose sobre los cálculos anteriores se tienen los valores de leña, abono y leche para los dos períodos sucesivos:

Productos	Valores anuales (Rs x ha)	
	5-10 años	después de 10 años
Leña	480	960
Abono	22	44
Leche	150	300
TOTAL	652	1 304

### Beneficios no calculados

Fleming (1983) no calculó en su informe original algunos de los beneficios potenciales del plan de ordenación propuesto. Su discusión, tomada de Hufschmidt et al (1983), es la que sigue.

Energía hidroeléctrica. Si bien la reducción de la carga anual de sedimento en el Lago Phewa Tal extenderá su vida útil de aproximadamente 350 a 400 años, no se incluyó el beneficio en el análisis puesto que no sería contabilizable sino después del período de planificación de 5-100 para el proyecto. Sin embargo, si los beneficios se hubiesen concretado durante el período de planificación, la electricidad adicional generada habría sido evaluada al precio de mercado e incluida en el análisis. Si no se disponía de los precios de mercado los valores podrían ser estimados investigando la voluntad de pago y el costo de las fuentes alternativas de producción eléctrica menos costosas.

### Turismo y recreación

Si bien los corrientes ingresos por turismo son reducidos, pueden tener lugar aumentos significativos en el futuro y pueden ser afectados negativamente por la eutrofización del lago y la continuada deforestación de las montañas. Cuando estos procesos vienen controlados los aumentos de turismo asociados pueden ser calculados como un beneficio del plan de ordenación. Sin embargo, no se tenían datos y no se hicieron los cálculos.

Pesca. Tampoco se disponía de datos sobre la industria pesquera. Sin embargo, el plan de ordenación propuesto puede detener o invertir las tendencias hacia la reducción de las capacidades de pesca debidas a la eutrofización <sup>1/</sup> y acumulaciones de barro. Los valores de la pesca pueden ser estimados en forma similar a las técnicas de evaluación para la leña, usando como valores de mercado para la pesca el valor de los sustitutos del pescado o el costo de la oportunidad de la pesca.

### Análisis

Beneficios. Los beneficios del programa de ordenación se calcularon comparando el valor de los productos agrícola y forestal de tierras son ordenación (p.e., sin la opción propuesta) con los valores indicados por el plan de ordenación recomendado. El Cuadro 5 resume los valores de la tierra bajo las dos alternativas, que se calcularon multiplicando la cantidad de hectáreas de cada tipo de tierra por los valores de la tierra resumidos en el Cuadro 6. Se calcularon para cada año los valores presentes usando una tasa de descuento del 10%. Por lo tanto, el valor presente de los beneficios del programa es:

$$\text{Rs } 52\,498\,000 - \text{Rs } 31\,884\,000 = \text{Rs } 20\,614\,000$$

Costos. Se estimaron los costos de la ejecución del programa, administración, personal y capacitación para las siguientes actividades: Aforestación, mantenimiento de la plantación, protección forestal, establecimientos de campos de heno, protección de los mismos, protección de cárcavas, alimentación estabulada, y entrenamiento e investigación. Los Cuadros 7 y 8 resumen los costos estimados entre 1978-1998 para las opciones. Empleando una tasa de descuento del 10%, el valor presente de los costos del programa se calculó en Rs 11 942 700.

Relación beneficio-costos. La relación beneficio-costos, la relación de los beneficios estimados del propuesto plan de ordenación con respecto a los costos, se calculó elevarse a 1,7. Puesto que era mayor que 1,0, el plan pareció ser económicamente satisfactorio y fue posteriormente financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación a un costo de US\$1,48 millones para el período 1978-1984.

---

<sup>1/</sup> Deberán hacerse reconocimientos sobre si el estado de eutrofización actual y su aumento producen o no la decadencia de la pesca. En las primeras fases de eutrofización la cantidad de peces producidos puede aumentar si bien las especies pueden cambiar negativamente.

Cuadro 5. Valores totales de la tierra con y sin ordenación (millares de Rs)  
(Según Fleming, 1983)

	Sin Ordenación (situación actual)		Con Ordenación	
	Valor Anual	Valor Presente	Valor Anual	Valor Presente
1978	4 878	4 878	4 878	4 878
1979	4 668	4 244	4 779	4 345
1980	4 454	3 681	4 785	3 954
1981	4 234	3 181	4 784	3 594
1982	4 009	2 738	4 784	3 267
1983	3 781	2 348	4 773	2 964
1984	3 548	2 109	4 901	2 914
1985	3 313	1 700	5 285	2 712
1986	3 072	1 433	5 657	2 639
1987	2 826	1 199	5 910	2 506
1988	2 575	933	6 132	2 364
1989	2 318	812	6 326	2 217
1990	2 059	656	6 511	2 074
1991	1 791	519	6 698	1 940
1992	1 522	401	6 870	1 809
1993	1 246	298	7 039	1 685
1994	963	210	7 144	1 555
1995	851	168	7 247	1 433
1996	745	134	7 253	1 305
1997	637	104	7 457	1 219
1998	527	78	7 561	1 124
TOTAL		31 884		52 498

Cuadro 6. Valores estimados de la tierra en la Hoya de Phewa Tal (en Rs/ha/año)  
(Según Fleming, 1983)

Uso de la Tierra	Pasto		Hoja-Pienso		Leña	Total
	Abono	Leche	Abono	Leche		
Pastoreo	11	72				83
Heno	55	360				415
Matorral	5	30	27	180	384	626
Bosque (sin ordenación)			53	360	1 152	1 575
Bosque (ordenado, 6 años después)			89	600	1 900	2 609
Plantación forestal (5-10 años)			22	144	480	646
Plantación forestal (después de 10 años)			44	288	960	1 292



BIBLIOGRAFIA MENCIONADA

- Fleming, W.M. Phewa Tal Catchment Management Programme: Benefits and Costs of Forestry  
1983 and Soil Conservation in Nepal. In: L.S. Hamilton (ed.), Forest and Watershed  
Development and Conservation in Asia and the Pacific. Westview Press, Boulder,  
Co. pp. 217-288.
- Hufschmidt, M.M., James, D.E., Meister, A.D., Bower, B.T. and Dixon, J.A. Environment,  
1983 Natural Systems and Development: An Economic Valuation Guide. The John  
Hopkins University Press. Baltimore. pp. 175-183.

### A N E X O 3

#### EJEMPLO DE ESTIMACION DE COSTOS DE LA EROSION EN LA CUENCA INFERIOR DEL RIO AGNO EN FILIPINAS 1/

por

Nicomedes D. Briones

La erosión en la cuenca Inferior del Río Agno se está presentando con paso acelerado por la ausencia de una cobertura vegetal protectora en la mayor parte de las pendientes empinadas, geológicamente jóvenes. Las pendientes han sido denudadas a causa de intensas actividades humanas en la cuenca, siendo las más dañinas las operaciones mineras, el cultivo de las pendientes abruptas, la quema incontrolada de los pastizales para pastoreo y la construcción y mantenimiento de caminos. Uno de los problemas más graves es corrientemente la contaminación del sistema del Río Inferior Agno debido a los desechos de las operaciones mineras dentro de la cuenca. La ganga de las minas se ha acumulado en la cuenca inferior y han obstruido canales de riego y cursos aguas abajo en las tierras agrícolas provocando daños considerables en la producción de cultivos.

Dentro de la cuenca del Río Inferior Agno, el Gobierno Filipino ha iniciado las primeras fases de la construcción del grandioso Proyecto Multidisciplinario del San Roque (SRMPP). Este ejemplo, que se basa sobre Briones (1985), trata de cuantificar los costos y beneficios por la ejecución de un programa de ordenación de cuenca en conexión con este proyecto de represa de multifinalidad.

#### LA CUENCA DEL RIO INFERIOR AGNO

La cuenca Inferior del Río Agno se expande sobre partes de tres provincias en Luzon Central, cerca de 150 km al norte de Manila (Figura 15.1). Una parte de la densamente poblada Ciudad de Baguio está a caballo sobre el borde superior, nórdico de la cuenca.

#### Características Físicas

La cuenca del Río Inferior Agno (conocida también como la cuenca SRMPP) abarca 39 304 ha, de las cuales 90% se clasifican como tierras forestales. Sin embargo, mitad de la cuenca clasificada como bosque es, de hecho, tierra abierta de pastoreo y de matorrales. El área es geológicamente joven como resulta por las crestas agudas y pendientes abruptas en las alturas superiores de la cuenca. Las formaciones rocallosas de las montañas se temperizan fácilmente en parte debido al intenso resquebrajamiento al cual están expuestas. Los suelos y las formaciones rocosas de los horizontes inferiores varían ampliamente en textura y litología desde cantos rodados y arenas, hasta margas y arcillas. Los suelos de la mayoría de las áreas abiertas son horizontes delgados de arcilla franca compacta.

El área de la cuenca es seca desde enero a julio, y lluviosa durante el período restante. La precipitación media anual es de 3 629 mm; por ser una de las áreas con mayores lluvias en el país, se producen inundaciones periódicas aguas abajo. Aún durante años hidrológicamente normales el Río Agno rebalsa sus barrancas e inunda la mayor parte de las 170 000 ha de las tierras subyacentes en los Llanos Pangasinan.

#### Actividades de uso de la tierra

La cubierta vegetal de la cuenca se deteriora progresivamente aguas abajo hacia la boca del cañon de San Roque. La cobertura forestal primaria ha prácticamente desaparecido, exceptuando manchas aisladas a 700 metros de elevación y a lo largo de cárcavas y barrancas

---

1/ Este documento se basa sobre el Capítulo 15 de un libro en preparación titulado "Watershed Management: An Interdisciplinary Approach" por K.W. Easter, J.A. Dixon y M.M. Hufschmidt (eds.). Westview Press, 1986.

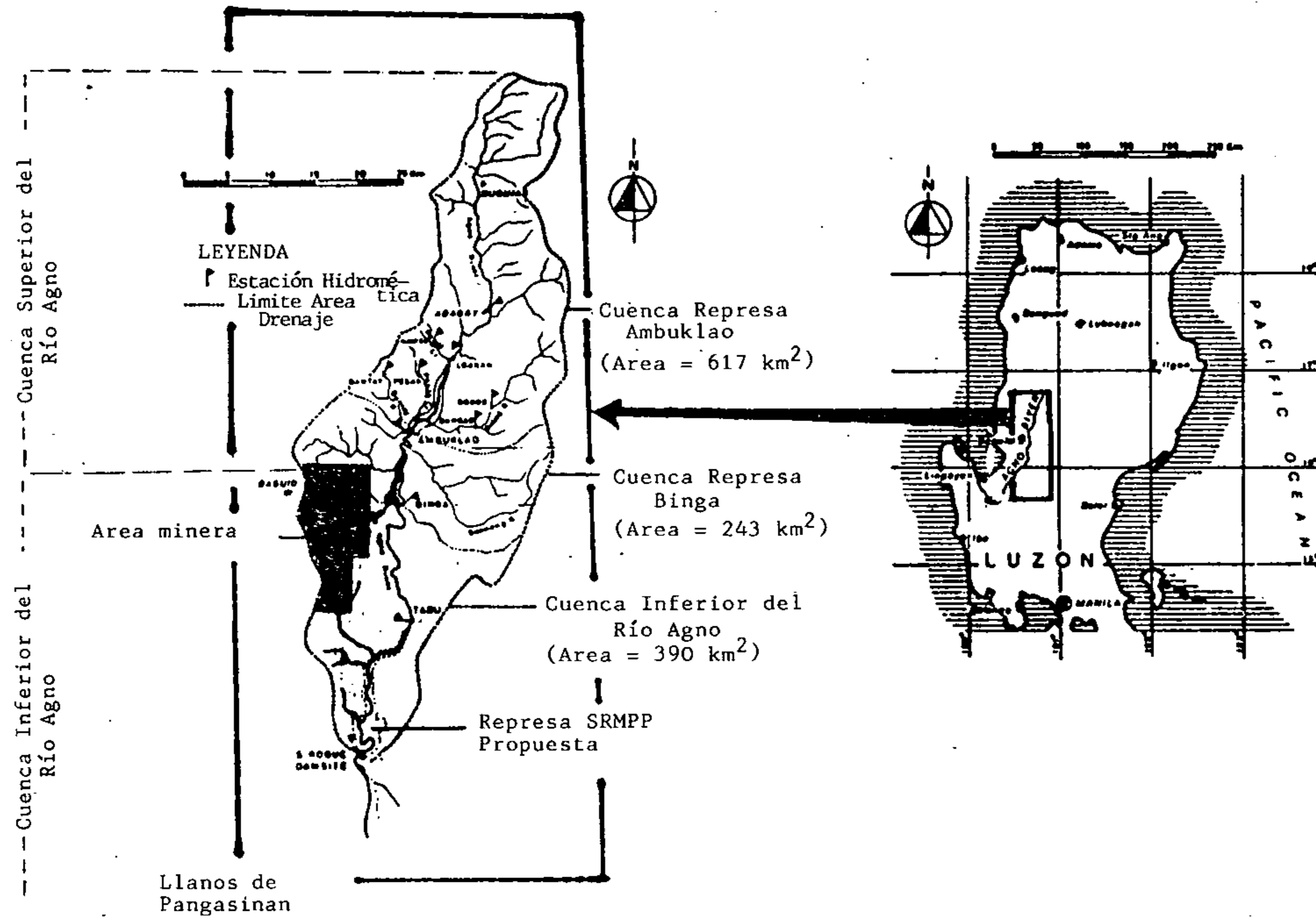


Figura 15.1 Mapa del Río Agno, cuencas Superiores e Inferiores del Río Agno en Luzon, Filipinas

fluviales. Unos cuantos rodales de pinos se encuentran creciendo arriba de los bordes más altos, mientras que especies dipterocarpáceas predominan en las elevaciones inferiores hacia San Roque. Una gran porción de la cuenca es campo abierto cubierto principalmente por pasto cogón (*Imperata*) y arbustos. Los habitantes que usan esta superficie para pastaje de ganado practican la quema incontrolada de las tierras empastadas para permitir al nuevo pasto de tener un mejor crecimiento inicial a principios de la siguiente estación de lluvias. Sin embargo, el rozado de pasto cogón a menudo destruye cualquier otro crecimiento vegetal en el área.

Una parte de la cuenca es un área muy mineralizada que se drena con un tributario del Río Agno y es una de las áreas mineras del país más importantes y productivas. Varias minas de cobre y de oro son activas y sus molinos principales y plantas de procesamiento están ubicadas dentro de la cuenca. Corrientemente, hay tres operaciones mineras activas que producen un total de aproximadamente 30 000 toneladas de ganga de molienda por día (BMG, 1984). Si bien retenidos en diques de contención para ganga, una notable cantidad de residuos de molienda llega hasta el Río Agno por vía de sus tributarios. Los diques de contención para ganga periódicamente se derrumban debido al rebalse causado por la liberación en el Río de ganga acumulada.

La polución causada por los residuos mineros hace tiempo ha sido considerada motivo de problemas para el Río Agno. A medida que los residuos son arrastrados por las corrientes de los ríos, los lechos de éstos se hacen menos profundos llegando a rebalses, especialmente durante los casos de tormentas de primera magnitud, con inundaciones sucesivas de las áreas más abajo. Los residuos se acumulan en las menores elevaciones y obstruyen los arrozales, los canales de riego y las represas.

Si bien la densidad de la población actual es aún baja (inferior a 100 personas/km<sup>2</sup>), muchas actividades humanas como la construcción y mantenimiento de caminos, los cultivos regulares, las extracciones madereras y la urbanización provocan considerables desajustes físicos en la cuenca. El rápido crecimiento de la población en las tierras vecinas hace pensar que será inevitable una mayor invasión de poblaciones en la cuenca.

#### EL PROYECTO SAN ROQUE DE FINALIDAD MULTIPLE (SRMPP)

A partir de 1949 la cuenca del Río Agno ha sido el lugar de varios proyectos de desarrollo. La Corporación Nacional de Energía administra dos plantas hidroeléctricas aguas arriba en los diques de Ambuklao y Binga completados en 1956 y 1960, respectivamente. También, la Administración Nacional de Riego tiene muro de desviación en San Roque, utilizando las aguas del Río para regar algunas porciones de los Llanos de Pangasinan.

El SRMPP es el tercer mayor proyecto de desarrollo hídrico encarado en sistema pluvial. San Roque es uno de los dos sitios para el desarrollo aguas abajo para la Planta Hidroeléctrica de Binga. Viene planeado como proyecto para fines múltiples: Energía hidroeléctrica, riego, calidad del agua, y de control de inundaciones, son todas finalidades importantes puesto que el proyecto es viable económicamente sólo si estas vienen combinadas (NPS-ELC, 1979). Se espera que el proyecto generará 1,6 mil millones de kwh de electricidad por año que en otro modo requeriría quemar 2 millones de barriles de petróleo importado. Regulando la corriente del Río en el sitio de San Roque será posible cultivar 70 500 ha todo el año en las vecinas Llanuras de Pangasinan, aumentando así la producción de arroz en alrededor de 265 000 toneladas por año.

El proyecto también reducirá inundaciones recurrentes y bloqueará la ganga de las actividades mineras internas de la cuenca que corrientemente contamina el Río y las tierras agrícolas inferiores.

#### EL PROYECTO DE ORDENACION DE CUENCA DEL RIO AGNO INFERIOR

Dada su relativa importancia en la economía nacional, el Gobierno ha dedicado una considerable atención a proteger la cuenca del Río Agno. Se ensayaron en este territorio proyectos de rehabilitación y reforestación. Se han promulgado leyes con la finalidad expresa de ordenar la cuenca. Sin embargo, la degradación de la cuenca es aún tan grave como siempre.

Es estudio de factibilidad técnico (ingeniería) del SRMPP no tomó en consideración la ordenación de la cuenca como parte integrante del programa de desarrollo de los recursos hídricos del Río Agno Inferior. Si bien los problemas de la erosión y sedimentación se consideraron graves para la cuenca, nunca se mencionaron planes de ordenación de cuenca en el estudio de factibilidad, y por lo tanto, no se incluyó la ordenación de cuencas en el análisis económico. Los proyectistas supusieron que el status-quo preexistente de la cuenca continuaría, o sea, que el influjo de agua y de barro y sedimento continuaría en la cantidad y calidad observada en el pasado.

Estos supuestos fueron puestos en discusión sin embargo por el Gobierno del Japón, durante la revisión del SRMPP a fines de los préstamos y concesiones; se mencionó que el control de la erosión era uno de los temas fundamentales que exigían aclaración. Para satisfacer los requisitos del préstamo japonés, la Corporación Nacional de Energía (la agencia encargada con la operación inmediata de la cuenca para la propuesta represa) preparó en 1983 un plan tentativo de desarrollo de la cuenca.

En esencia, el proyecto propuesto de ordenación de la cuenca consiste en un período intermedio de dos años de estudio y diseño para la delimitación de la cuenca e inventario de los recursos, seguido por un período de cinco años para instalar medidas de conservación de suelos y bosques. Se pondría luego en ejecución un programa decenal de seguimiento, con las modificaciones oportunas para adecuarse a las condiciones ambientales prevalentes y limitaciones presupuestarias. Las estrategias globales del programa incluirían también proyectos de desarrollo de las comunidades tales como agrosilvicultura, pesca, e industria de la vivienda (NPC, 1983).

#### ANALISIS DE PROYECTO

Si se construyen las represas, la ordenación de la cuenca será necesaria para proteger las inmensas inversiones del SRMPP. A fin de estimar los beneficios que pueden derivar de la administración de los recursos de la cuenca se han analizado las consecuencias de ambas opciones, con y sin la ordenación de cuencas. Con la represa propuesta funcionando también como trampa de sedimentos para las gangas mineras, el cálculo de los beneficios derivados de la ordenación de la cuenca se basa principalmente sobre la reducción del sedimento desde la cuenca que en otro caso obstaculizaría el uso de la represa para energía hidroeléctrica, riego y control de las inundaciones.

#### Sin la ordenación de la cuenca

Para estimar la pérdida potencial económica en los casos donde no se aplican esquemas definidos de ordenación, el ritmo de influjo de sedimentos hacia la represa propuesta ha sido calculado siguiendo varios supuestos referentes a los ritmos de erosión.

Las bases para estimar los ritmos de sedimentación natural son las de las vecinas Represas Ambuklao y Binga que se ubican aguas arriba de la propuesta represa SRMPP. Se hicieron dos estimaciones de ritmos de erosión neta: Un ritmo bajo de  $3\ 200\ m^3/km^2/año$  y uno elevado de  $6\ 500\ m^3/km^2/año$ . Estas tasas representan las condiciones para el año base (año 0). Si la situación fuese la de ahora para los próximos 50 años, los ritmos de erosión natural por cierto aumentarían.

Usando estos ritmos se calcula el volumen de sedimento que se acumularía en la represa propuesta. Sin ordenar la cuenca, el volumen total de sedimento por la erosión natural que debería ser detenido en la represa variaría desde 83 millones de metros cúbicos ( $MMm^3$ ) hasta  $168\ MMm^3$ . Se agregan a estos valores  $184\ MMm^3$  de ganga minera depositada para llegar al volumen total de sedimento en la represa (Cuadro 15.1).

Cuadro 15.1 Volumen total de depósito de sedimentos retenido en la represa propuesta SRMPP en el curso de 50 años sin ordenar la cuenca, en millones de metros cúbicos (MMm<sup>3</sup>)

Estimación	Volumen		Total
	Ganga de Mina	Erosión Natural	
Baja	184	83	267
Alta	184	168	352

La deposición de sedimento en una represa no se distribuye uniformemente. En una represa para usos múltiples el almacenamiento de agua para diferentes fines se ubica en diferentes elevaciones dentro de la represa. Si bien la ubicación de los depósitos y la pérdida de la capacidad global de almacenamiento son ambas motivo de preocupación fundamental, la pérdida de la capacidad de almacenamiento viene considerada como un factor más importante, puesto que afecta el funcionamiento correcto de la represa (Chow, 1964).

El esquema específico de la distribución de la deposición de sedimentos en una represa, variará de una represa a otra. La ubicación de la deposición de sedimentos se sabe que depende de factores como la naturaleza del sedimento, de las relaciones entre las corrientes que entran y salen, la forma de la represa, y el funcionamiento de la misma. Sin embargo, no se conoce con exactitud el grado de influencia de cada uno de los factores contribuyentes y, por lo tanto, resulta ser un procedimiento solo aproximado el predecir la ubicación de la deposición de sedimento (ASCE, 1975; Chow, 1964).

Usando los datos de las mediciones de sedimentaciones en las represas vecinas de Binga y Ambuklao como cifras de base, se estiman las tendencias de la sedimentación de los almacenajes vivos y muertos para la represa propuesta de SRMPP. En el Cuadro 15.2 se indican los volúmenes correspondientes de sedimento depositados en las áreas de almacenamiento muerto y vivo de la represa al cabo de 50 años.

Cuadro 15.2 Volumen de sedimento total depositado por zonas de almacenaje hasta el año cincuenta, en la represa propuesta SRMPP, sin ordenación de cuenca (MMm<sup>3</sup>)

Estimación	Almacenaje Vivo		Almacenaje Muerto		Total	
	Volumen	Por Ciento	Volumen	Por Ciento	Volumen	Por Ciento
Baja	146	55	121	45	267	100
Alta	193	55	159	45	352	100

#### Evaluación de la pérdida física

La acumulación de sedimento retenido en la represa reducirá su producción física en cuanto a la energía eléctrica, el agua utilizable para riego y reducción en el flujo de las inundaciones y, por lo tanto, el valor económico. Una vez que se ha cuantificado la pérdida física el paso siguiente es de monetizar las pérdidas. Los beneficios totales y anuales para cada finalidad han sido ya determinados en el estudio técnico de factibilidad del SRMPP. Estos valores ya han sido usados en el cálculo de los valores del almacenaje perdido.

Para cada finalidad, se consideró que los beneficios eran una función directa del volumen de la capacidad de almacenamiento destinado a tal propósito. Por lo tanto, era posible derivar una unidad de beneficio para cada propósito, expresado en dólares por metros cúbicos de capacidad de almacenamiento. Este valor unitario fue luego usado para calcular las pérdidas derivadas de la reducción de la capacidad de almacenamiento para

cada destino. Dividiendo los beneficios totales para el período de cincuenta años para cada objetivo, por el volumen proyectado en la represa SRMPP propuesta para tal objetivo, los siguientes valores unitarios derivados para 50 años fueron; US\$0,40/m<sup>3</sup> para el control de inundaciones, US\$10,19/m<sup>3</sup> para el riego y US\$8,84/m<sup>3</sup> para la energía hidroeléctrica. Traducidos a valores anuales, los beneficios son US\$8/m<sup>3</sup> x 10<sup>3</sup>, US\$203,80/m<sup>3</sup> x 10<sup>3</sup>, y US\$176,80/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Toda reducción en el volumen proyectado se considera luego como una pérdida atribuible a la sedimentación. Empleando los valores de los beneficios unitarios anuales calculados, se determinan luego los valores de las pérdidas anuales debidas a la reducción de los estanques de almacenamiento y se calculan también los valores presentes de estas pérdidas anuales para el período de 50 años del análisis económico, aplicando una tasa de descuento del 10%. Tanto para las estimaciones altas como para las bajas, la energía hidroeléctrica (que contribuye también con los mayores beneficios) se acreditó con la alícuota más grande de pérdida anual (57%), seguida por el riego (42%) y control de inundaciones (1%). No existe una pérdida atribuida a la calidad del agua puesto que el área de almacenamiento perdible o muerto no estaría aún colmado después de un período de 50 años analizado. Se basa sobre el supuesto que todo el sedimento viene contenido dentro de la represa y nada sigue aguas abajo para perturbar la calidad del agua.

Al transferir los valores presentes de estas pérdidas anuales (o beneficios renunciados) al análisis económico para el proyecto SRMPP completo, los beneficios totales del proyecto resultan luego reducidos considerablemente. El valor presente de los beneficios brutos (a una tasa de descuento del 10%) para los usos planeados por un período de 50 años como se presentaron en el estudio original técnico de factibilidad, era de US\$8,35 mil millones para un beneficio neto descontado de US\$2,97 mil millones. Sin embargo, la pérdida debida a la sedimentación ha achicado el beneficio neto en un 10 y 12% respectivamente para las estimaciones de erosión baja y alta (Cuadro 15.3).

Cuadro 15.3 Pérdida debida a la sedimentación de la represa SRMPP planeada, sin ordenar la cuenca (sobre un período de 50 años)

Rubro	Estimación 1/	
	Baja	Alta
Beneficios 2/ netos originales	2,97	2,97
Reducción de beneficios netos por sedimentación en la represa	0,30	0,37
Beneficios netos corregidos	2,67	2,60
Por ciento de reducción de beneficios por sedimentación en la reserva	10%	12%

1/ Los valores son de mil millones US\$; se ha usado tasa de descuento del 10%.

2/ Determinados en el estudio de factibilidad del SRMPP.

La reducción de los beneficios señala que habrá una pérdida económica significativa si se deja que la cuenca se deteriore.

Con ordenación de cuenca

El análisis que sigue tratará de prever los efectos económicos de proyectos de conservación de cuencas ejecutables en la cuenca de SRMPP. Si bien gran parte de los datos necesarios para estimar en forma realista los beneficios puede ser inadecuada, el tentativo es generalmente útil, especialmente para señalar las importantes deficiencias en el proceso de la proyectación del entero SRMPP. Pueden entonces identificarse más fácilmente sus deficiencias y modificarlas en reformulaciones sucesivas o en la revisión de los planes.

El análisis no incluye beneficios y costos menores que son difíciles de cuantificar. Los beneficios y los costos han sido estimados en forma conservativa a fin de tener en cuenta parcialmente el riesgo y la incertidumbre inherente en el análisis.

Tasas de sedimentación

Con la ordenación de la cuenca, el volumen de marga proveniente de la ganga minera será aún el mismo, pero la erosión natural disminuirá. Como en el caso de sin la ordenación de cuenca, se usa una gama de ritmos de sedimentación (bajo y alto). Para el período de análisis de 50 años, se modificaron los niveles de erosión y sedimentación conforme con la secuencia de las actividades de manejo. Se supuso que los primeros cinco años del proyecto de ordenación de la cuenca no tendrían efectos medibles sobre los ritmos actuales de erosión. Los beneficios comenzarían a concretarse en el sexto año, cuando las estructuras de estabilización para el control de cárcava quedan ubicadas y funcionales en su lugar. No se considera que las actividades de ordenación de la vegetación resulten efectivas sino posteriormente a los 10 años.

Basándose sobre estas actividades de ordenación, se supuso que la reducción anual en la sedimentación neta de la represa es del 15% desde el sexto al décimo año, del 28% desde el 11<sup>o</sup> al 15<sup>o</sup> año, y así sucesivamente hasta el 53% para los años 36 hasta 50. La sedimentación anual para la represa SRMPP se ha calculado sobre estos porcentajes. La contribución total de gangas de minas es aún de 184 MMm<sup>3</sup> mientras que los ritmos naturales de erosión supuesta se estimaron en 42, 45 y 85,80 MMm<sup>3</sup> para los ritmos respectivamente bajos y altos (Cuadro 15.4).

Cuadro 15.4 Volumen de sedimentos en la represa SRMPP propuesta, con ordenación de la cuenca (MMm<sup>3</sup>)

Período	Gangas Mineras (por año)	Erosion Anual Estimada		Total	
		Alta	Baja	Baja	Alta
1-5	5,74	1,39	2,81	35,65	42,75
6-10	5,54	1,18	2,39	33,59	39,64
11-15	5,06	1,00	2,02	30,30	35,10
16-20	5,06	,86	1,74	29,60	34,00
21-25	5,06	,78	1,57	29,20	33,15
26-30	5,06	,72	1,46	28,90	32,60
31-35	5,06	,68	1,38	28,70	32,20
36-40	0	,65	1,32	3,25	6,60
41-45	0	,65	1,32	3,25	6,60
46-50	0	,65	1,32	3,25	6,60
<b>TOTAL</b>	<b>84,00</b>	<b>42,45</b>	<b>85,80</b>	<b>226,45</b>	<b>269,80</b>

Efectos de la ordenación de cuencas. En términos de estanques activos de almacenamiento, en el Cuadro 15.5 se indican las diferencias entre las condiciones "con" y "sin" ordenación de cuenca. Sobre la base de volumen total, la ordenación de cuenca reducirá la sedimentación en la represa en 20 MMm<sup>3</sup> para la erosión estimada baja y en 43 MMm<sup>3</sup> para la erosión estimada alta en el curso de un período de 50 años. Por consecuencia, el valor de esta reducción para 50 años será de US\$159,52 millones y US\$330,42 millones para las tasas de erosión estimadas bajas y altas, respectivamente. Colocadas sobre base de valor presente, usando una tasa de descuento del 10%, estos valores son de US\$14,55 millones para la estimación baja y US\$30,36 millones para la estimación alta.

Para realizar el análisis económico completo deben calcularse los costos de la ordenación de cuenca. Los datos básicos de costos vinieron del plan de desarrollo de la cuenca preparado por el Grupo de Ordenación de Cuencas de la Corporación Nacional de Energía. En este análisis, los costos totales de la ordenación de cuenca se basan sobre



los costos de desarrollar la cuenca SRMPP bajo condiciones de una erosión estimada alta. Para la estimación de erosión baja, se estimó que todos los costos eran 25% más bajos que en el caso de los costos de una erosión estimada alta.

Cuadro 15.5 Volumen de sedimento y valor de la pérdida por los estanques de almacenamiento activos, en condiciones con y sin ordenación de cuenca, 50 años

Tasa Estimada	Control Inundaciones		Riego		Hidroenergía		Total	
	Volumen*	Valor*	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor
A. Baja								
Sin	26	10,58	47	474,98	73	641,42	146	1 127,18
Con	23	9,06	40	409,03	63	549,57	126	967,66
Diferencia	3	1,52	7	65,95	10	91,85	20	159,52
B. Alta								
Sin	35	13,89	62	627,34	96	842,63	193	1 483,84
Con	27	10,78	48	488,10	75	654,54	150	1 153,42
Diferencia	8	3,09	14	139,24	21	188,09	43	330,42

\* Los volúmenes en millones de metros cúbicos; los valores son millones de US\$.

Se ha previsto en el plan un presupuesto para los primeros siete años de operación de alrededor de US\$9 millones (precios 1983). Con ellos se cubrirán todas las actividades como la reforestación, la protección forestal, control estructural de la erosión, y otros. Se hizo el supuesto de que los costos tienen que distribuirse durante todo el período del análisis de 50 años. Para los primeros 10 años, la cantidad a gastarse en actividades de ordenación de cuencas será de US\$0,90 millones anuales mientras que del año 11<sup>o</sup> al 50<sup>o</sup>, los gastos anuales serán de US\$0,45 millones. Los costos totales de ordenación de cuenca serán de US\$27 millones para 50 años y en las estimaciones altas. Sobre la base de valores actuales con una tasa de descuento del 10%, estos costos serán US\$7,34 millones.

En resumen, en el Cuadro 15.6 se indican los resultados del análisis económico. Con una tasa de descuento del 10% los valores actuales de los beneficios son US\$9,22 millones y US\$23,02 millones para las tasas de erosión estimadas bajas y altas respectivamente. El análisis beneficios-costos indica que bajo la tasa de erosión baja, la relación beneficio-costos es de 2,73 mientras que es 4,14 para la erosión estimada alta.

Cuadro 15.6 Valores presentes y relaciones beneficios-costos del programa ordenación cuenca bajo supuestas tasas de sedimentación

Tasa Estimada	Valor Presente de Beneficios Netos*		Relación Beneficio-Costo	
	r = 10%	r = 15%	r = 10%	r = 15%
Baja	9,22	2,69	2,73	1,68
Alta	23,02	8,58	4,14	2,63

\* En millones de US\$; r = tasa de descuento.

Análisis de sensibilidad. Por medio del análisis de sensibilidad se puso a prueba la viabilidad económica del programa de la ordenación de cuenca. Se investigó la correspondencia de la relación beneficio-costos con respecto a las variaciones de los supuestos más significativos en el análisis. Los cambios supuestos fueron los siguientes: (1) Aumento del 30% de los costos de la ordenación de cuenca por arriba del caso básico; (2) Un cambio mayor sobre la tasa de aumento de sedimentación sobre el año base y por

50 años; y (3) Un cambio en menos en la tasa de la disminución de sedimentación sobre el año base para 50 años. Siguiendo el mismo método de cálculos usado para el caso básico, los resultados obtenidos por el análisis de sensibilidad se indican en el Cuadro 15.7.

Cuadro 15.7 Análisis de sensibilidad, proyecto de ordenación de la cuenca SRMPP

Caso	Relación Beneficio-Costo	
	Estimación Baja	Estimación Alta
Caso básico	2,73	4,14
Costo de ordenación de cuenca aumentando el 30% sobre caso básico	2,04	3,20
Cambios de ritmos de sedimentación en más (sin ordenación cuenca)	2,84	4,22
Cambio ritmo de sedimentación en menos (con ordenación de cuenca)	2,97	4,35

Nota: La tasa de descuento es del 10%.

#### CONCLUSIONES

Conflictos en el uso de la tierra y serios problemas de erosión afectan en forma dramática los recursos del lugar de la cuenca del Río Agno Inferior, así como en el sector agrícola aguas abajo de las Llanuras de Pangasinan. La cuenca es el sitio del proyecto global de objetivo múltiple de San Roque que está amenazado por los problemas de una grave erosión y sedimentación.

El estudio ha analizado las condiciones que pueden presentarse si se aplica en la ordenación de cuenca una vez construido el dique. La aplicación de los proyectos de protección y conservación de cuencas beneficiará el total proyecto de desarrollo de recursos de agua como viene indicado por los análisis entre "con" y "sin" la ordenación de cuenca. Los beneficios que pueden derivarse son en términos de pérdidas evitadas en control de inundación, de riego, y de generación de potencia hidroeléctrica, basadas en la sedimentación de las lagunas de almacenamiento activo de la represa propuesta. Bajo la estimación de gran erosión, por ejemplo, la ordenación de la cuenca puede ahorrar tanto como US\$330 millones en pérdidas evitadas en el curso de un período de 50 años.

Las recomendaciones que derivan de este análisis señalan primero la necesaria acción del gobierno, pero en la mayoría de las instancias se requiere la cooperación con el sector privado (pobladores de la cuenca, compañías mineras) para manejar efectivamente la cuenca del Agno Inferior. Con respecto al grave problema de la contaminación de gangas mineras es evidente que se mantendrá mientras que las minas continuen a operar en la cuenca. Deberán hacerse permutas por cuanto están implicados muchos beneficios sociales y económicos tanto para la industria minera como para el sector de aguas abajo. ¿Cuál es el trueque apropiado entre el crecimiento económico y la calidad del medio ambiente? Para la difícil economía de Filipinas, la contestación es crucial con respecto a la fijación de standards ambientales apropiados y a la asignación correcta de los escasos recursos entre producción económica y protección ambiental.

Con respecto al encierre proyectado para todas las gangas mineras dentro de la propuesta Represa SRMPP existen ciertas incertidumbres que ofuscan esta solución. Es necesario evaluar la calidad de las aguas almacenadas contaminadas con los desechos mineros. Es dudosa la aseveración hecha en el estudio de ingeniería de que "los sólidos nocivos o gangas se supone que se asentarán en el área de almacenamiento muerto debido a la quietud de las aguas en la gran extensión de la represa". Los análisis de sedimentación de represas en las Filipinas y otros países de Asia, muestran que no todos los sedimentos se asientan en los espacios de almacenamiento muerto; una cantidad sustancial se depositará también en el área de almacenamiento activo. Teniendo en cuenta la cantidad enorme de

gangas de molienda que eventualmente se volcarán dentro de la represa, no hay duda que se producirán efectos sobre la vida acuática de la represa y en la fuente de agua de riego. Asimismo, tendrá consecuencia sobre los costos de operación y mantenimiento del equipo electromecánico de la planta hidroeléctrica. Puesto que la justificación principal del SRMPP es otra que la de crear una zona de descarga para las gangas mineras, parecería ser económicamente racional que se eliminaran las gangas mineras por otros medios a fines de no poner en peligro las inmensas inversiones del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- American Society of Civil Engineers. Sedimentation Manual. Transactions, ASCE. New York, New York: ASCE. 1980
- Briones, N.D. "Socio-Economics of Watershed Management: The Case of the Lower Agno River Watershed, Luzon, Philippines", Ph.D. Dissertation, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 1985
- Bureau of Mines and Geosciences (BMG). "Situationer Report on the Pollution Problem Caused by Mining Operations in the Philippines". Manila, Philippines: BMG, Ministry of Natural Resources. 1984
- Chow, V.T. Handbook of Applied Hydrology. New York, New York: McGraw-Hill Book Co. 1964
- National Power Corporation (NPC). "Watershed Development Programme of the Lower Agno Watershed" Quezon City, Philippines: National Power Corporation. 1983
- National Power Corporation and Electro-Consult. San Roque Multipurpose Project Feasibility Study: Main Report. Manila, Philippines: National Power Corporation. 1979

\*\*\*\*\*